This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

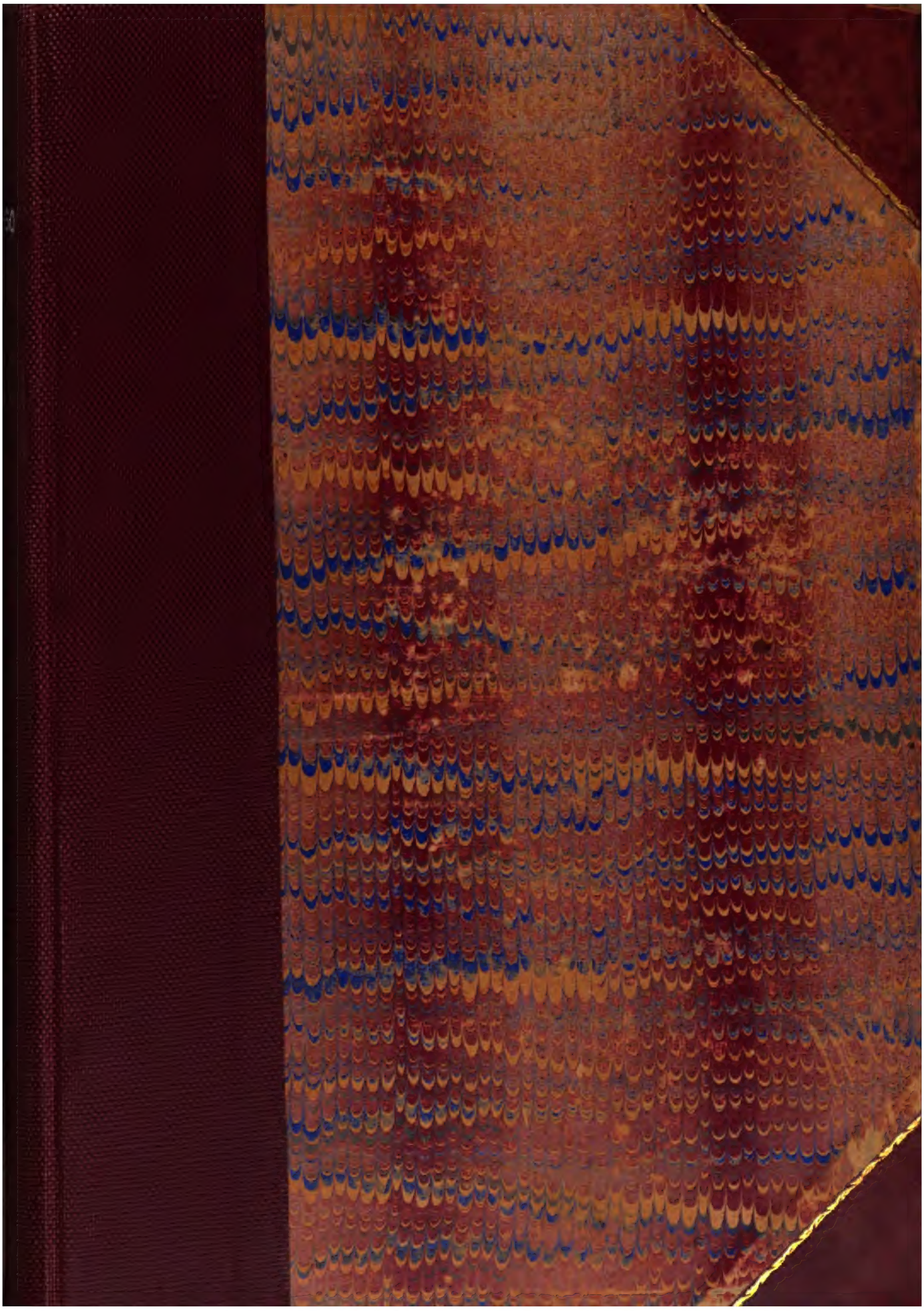
+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

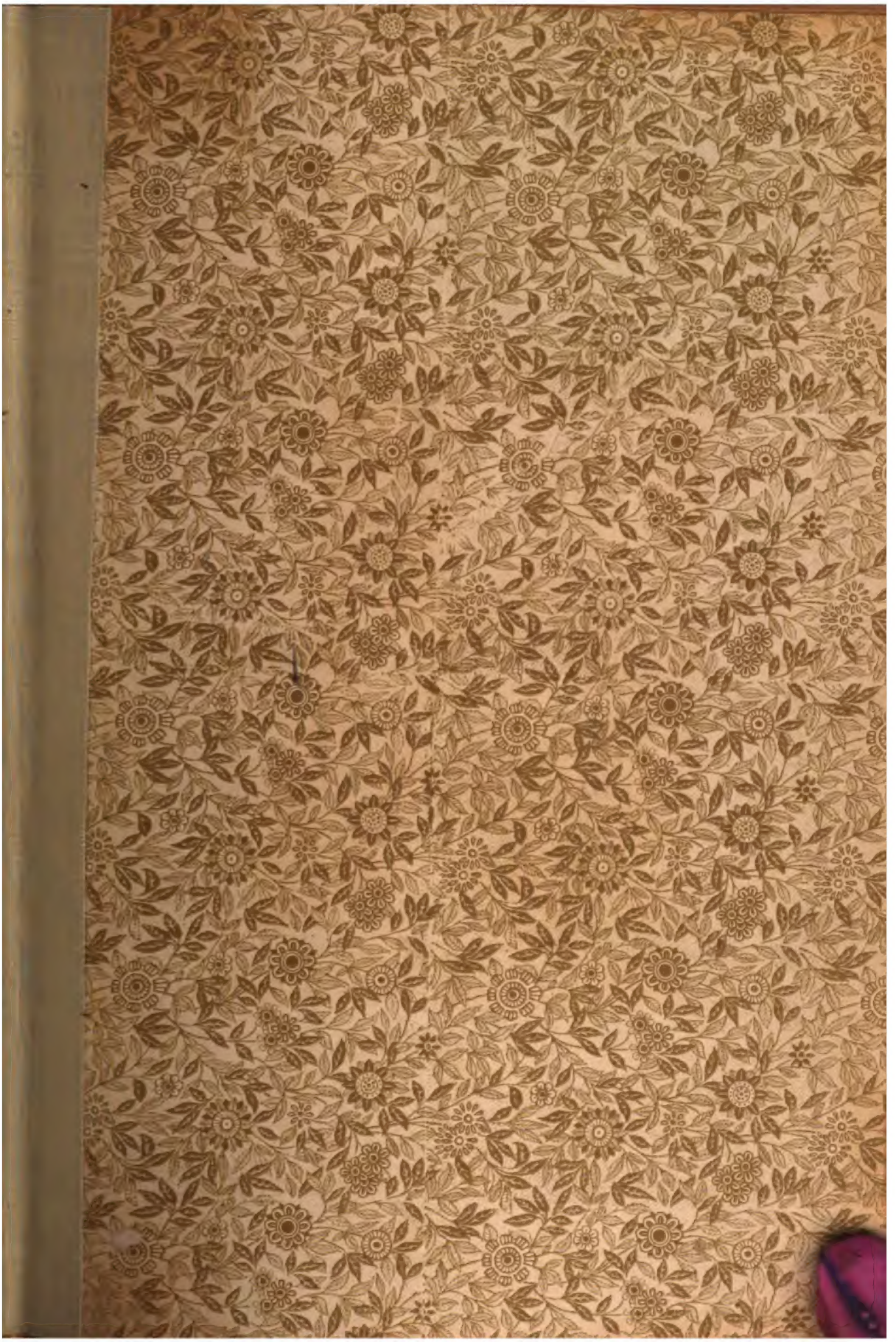
Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da http://books.google.com



The Branner Geological Library

LELAND·STANFORD·JVNIOR·VNIVERSITY



551.47
C565

1604/7

SUL

MOTO ONDOSO

DEL MARE

E SU LE CORRENTI

SUL

MOTO ONDOSO

DEL MARE

E SU LE CORRENTI DI ESSO

SPECIALMENTE

SU QUELLE LITTORALI

PEL

COMM. ALESSANDRO CIALDI

SOCIO ORDINARIO DELLA PONTIFICIA ACCADEMIA DEI NUOVI LINCEI; RESIDENTE E GIÀ SEGRETARIO DI QUELLA TIBERINA: ONORARIO DELL' ATENEO DI VENEZIA E DI QUELLO ITALIANO. CORRISPONDENTE DELLA REALE ACCADEMIA ECONOMICA, AGRARIA DEI GEORGOFILI; DI QUELLA DELLE BELLE ARTI DI NAPOLI NELLA CLASSE ARCHITETTURA; DI QUELLA AGRARIA DI PESARO: DELLA SOCIETÀ FILOMATICA DI PARIGI. MEMBRO DELLA SOCIETÀ DEGL'INGEGNERI CIVILI DI FRANCIA: CORRISPONDENTE DELLA SOCIETÀ IMPERIALE DI AGRICOLTURA, STORIA NATURALE E DI ARTI UTILI DI LIONE; DELLE SCIENZE, DELLE LETTERE ED ARTI DI BORDÒ; DELLE SCIENZE, ARTI E BELLE LETTERE DI CAEN; DELLE SCIENZE NATURALI DI CHERBURGO: DELLA GEOLOGICA; DELLA METEOROLOGICA, E DELLA ORIENTALE DI FRANCIA. CORRISPONDENTE DELL' ACCADEMIA DI MONTPELLIERI NELLA SEZIONE SCIENZE; DELLA SOCIETÀ REALE DI SCIENZE DI LIONE; DEL GRANDUCATO DI LUSSEMBURGO, E DI QUELLA DI ERFURTH. MEMBRO ATTIVO DELLA SOCIETÀ IMPERIALE DEI NATURALISTI DI MOSCOVIA, ECCETERA.

> Dobbiamo cominciare dall'esperienza, e per mezzo di questa scoprirne la ragione. Questo è il metodo da osservarsi nella ricerca dei fenomeni della natura.
>
> LEONARDO DA VINCI

SECONDA EDIZIONE

RIORDINATA E DI MOLTO ACCRESCIUTA

ROMA

TIPOGRAFIA DELLE BELLE ARTI

1866

211305

AI MARINI, AGL' IDRAULICI, AI GEOLOGI, ED AI FISICI

DI OGNI PAESE

Io dedico a voi, miei maestri, questo lavoro ed al vostro giudizio lo sottopongo: è il risultamento di oltre trent' anni di esercizio nell' arte della marina e di oltre venticinque di studio speciale sull' argomento che tratto.

Il valore e il numero di quelli tra voi che io ho consultati si può conoscere dal Catalogo degli autori unito in fine dell'opera.

Civitavecchia primo dicembre 1864

INDICE

DELLE MATERIE

Dedica . . . . . pag. v
Protesta dell'Autore . . . . . » xi
Rapporto dell'Accademia pontificia de' Nuovi Lincei . . » xix

CAPITOLO PRIMO

Art. I Teorie intorno al moto ondoso del mare ed alle correnti (1-7) . . . . . pag. 1
» II Scuola Francese (8-38) . . . . . » 4
» III » Inglese (39-85) . . . . . » 12
» IV » Spagnuola (86-91) . . . . . » 29
» V » Germanica (92-99) . . . . . » 31
» VI » Americana (100-101) . . . . . » 39
» VII » Mista (102-105) . . . . . » 41
» VIII » Italiana (106-207) . . . . . » 42
» IX Risultamento (208-211) . . . . . » 64

CAPITOLO SECONDO

Art. I Movimento delle molecole nella massa che compone l'onda (212-217) . . . . . » 67
» II Erroneo principio da cui sono dedotti i fenomeni delle onde (218-221) . . . . . » 70
» III Diffinizione dell'onda in alto mare e cenno di due casi intorno all'essenza del moto di essa (222-224) . . . . » 71
» IV Osservazioni generali sugli effetti del vento in mare (225-265) » 72
» V Effetti del vento nei tempi ordinarî contro le correnti (266-284) » 84
» VI Contrasti di correnti tra correnti in gran profondità di acqua (285-311) . . . . . » 88
» VII Effetti delle onde contro le correnti e viceversa (312-327) » 92
» VIII Contrasto di onde tra onde (328-339) . . . . . » 96
» IX Risultamento (340-354) . . . . . » 99
» X Azione del vento nelle grandi tempeste su la superficie del mare (355-381) . . . . . » 102
» XI Potenza delle onde contro i bastimenti in navigazione (382-390) » 107
» XII Effetti del vento contro le rive nei casi non ordinarî (391-415) » 109

CAPITOLO TERZO

Art. I Altezza, lunghezza e velocità delle onde nell'Oceano (416-506) pag. 115
» II Altezza, lunghezza e velocità delle onde nel Mediterraneo (507-521) . . . . . » 142
» III In qual profondità di acqua le onde si mostrano frante alla superficie dell'Oceano (522-583) . . . . . » 145
» IV In qual profondità di acqua nel Mediterraneo si mostrano frante le onde alla superficie del mare (584-591) . . » 155
» V Profondità ove giunge l'azione delle onde senza che esse si mostrino frante alla superficie dell'Oceano (592-642) . » 157
» VI Profondità ove giunge l'azione notabile delle onde senza che esse si frangano alla superficie del Mediterraneo (643-654) » 170
» VII Potenza del moto ondoso nell'Oceano (655-690) . . . » 174
» VIII Potenza delle onde nel Mediterraneo (691-730). . . . » 182
» IX Lavori rilevanti e manifesti delle onde, nell'Oceano e nei Mediterranei: lavori dei quali è nota la profondità dell'acqua, e la durata del tempo impiegatovi (731-784). » 192
» X Risacche nei due mari (785-789) . . . . . » 207
Risacca della superficie (790-795) . . . . . » 208
Risacca del fondo (796-802) . . . . . » 209
» XI Alcuni fenomeni del moto ondoso in circostanze speciali.
Onde senza vento (803-808) . . . . . » 213
Onde sottomarine (809-819) . . . . . » 214
Marosi franti in vasto e profondo mare (820-822) . » 216
Istantanea formazione e trasformazione delle onde per forza di vento (823-826). . . . . » 216
Calorico sviluppato dal mare per effetto del moto ondoso (827-833) . . . . . » 217
Fenomeno del vento, che non so spiegare (834-836) » 218
Facilità con cui si modera il mare arruffato e la veemenza della cresta delle onde (837-846). . . . » 219
Eccezioni all'effetto della pioggia sulle onde (847) . » 221
» XII Considerazioni generali (848-851) . . . . . » 222
» XIII Ghirlande di terreni avventizi (852-892) . . . . . » 224
» XIV Coloramento dell'acqua del mare (893-960) . . . . . » 234
Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia pirocorvetta *Immacolata Concezione* per determinare la trasparenza del mare. Memoria del P. A. Secchi (961-1020). . . . . » 258
Conclusione (1021) . . . . . » 287

CAPITOLO QUARTO

Art. I Due importanti casi nella navigazione — Caso primo — Metodo usato in navigazione per trovare la direzione e velocità delle correnti, e difetti di questo metodo (1022-1031) » 289

Art. II Storia degli studî sul trasporto causato dal moto ondoso (1032-1056) . . . . . pag. 294
» III Notabilissime differenze tra il punto stimato e quello osservato (1057-1059) . . . . . » 310
» IV Trasporti manifesti prodotti dall' azione del moto ondoso in alto mare (1060-1081) . . . . . » 311
» V Nuovi fatti e nuovi argomenti in appoggio al già detto (1082-1102). . . . . » 321
» VI Eccesso in più e in meno sul valore dato al moto di trasporto causato dalle onde (1103-1119) . . . . . » 332
» VII Eccezioni al primo caso (1120-1127) . . . . . » 340
» VIII Formazione dell'onda - Secondo caso, e fine dell'onda (1128-1148) » 343
» IX Trasporti manifesti causati dal moto ondoso presso i littorali dell'Oceano (1149-1186) . . . . . » 357
» X Trasporti manifesti causati dal moto ondoso presso i littorali del Mediterraneo (1187-1194). . . . . » 368
Osservazioni e nuove prove delle cose dette nei due antecedenti articoli, comuni all'Oceano ed al Mediterraneo (1195-1221) . . . . . » 371
» XI Risultamento da cui manifestasi il bisogno di compilare delle tavole di correzione per il trasporto causato dalle onde (1222-1232). . . . . » 384

CAPITOLO QUINTO

Art. I Correnti, e risultamento delle ricerche fatte su di esse (1233-1239). . . . . » 391
» II Sistema del Montanari e suoi difetti (1240-1246) . . . » 394
» III Marèe (1247-1260) . . . . . » 398
» IV Moto littorale - Sua velocità e zona (1261-1280) . . . » 406
» V Forza necessaria per ismuovere e trasportare i detriti ed inefficacia della correntemarèa e della littorale considerate in se stesse (1281-1293) . . . . . » 413
» VI Prevalenza del flutto posta a confronto con la corrente littorale come causa del trasporto (1294-1389) . . . . » 417
» VII Le correnti si debbono avere a calcolo - Perché - Rilevanti effetti di esse quando sono aiutate dai flutti (1390-1398) » 451
» VIII Formazione delle spiagge - Materiali forniti dagli affluenti terrestri e dal consumo delle coste (1399-1424). . . » 456
» IX Lunghe e vaste zone di terreni alluviali sul lido del mare prodotte dalle spoglie de' corpi organici subacquei (1425-1427) » 467
Abbondanza della vita sottomarina (1428-1452) . . » 468
Distribuzione della vita sottomarina (1453-1458) . . » 475
Prodotti sopra i lidi delle spoglie de' viventi sottomare (1459-1504) . . . . . » 477
Risultamento (1505-1509) . . . . . » 490

Art. X Porticanali (1510-1598) . . . . . pag. 492
Conclusione (1599-1602) . . . . . » 531
SUNTO PREVIO ALLA CONCLUSIONE GENERALE . . . . . » 535
CONCLUSIONE GENERALE . . . . . » 552

APPENDICE

N.° 1. *Movement of Waves*; articolo di Sir Roderick Impey Murchison» 559
N.° 2. Intorno all'essenza del moto ondoso, e sulla potenza di esso; lettera del sig. ingegnere idrografo Luigi Urbano Dortet de Tessan . . . . . » 561
N.° 3. *Su certi fenomeni marittimi, ed intorno ad alcune opere relative allo sbocco dei fiumi in mare, al proposito di due pubblicazioni del Cialdi*. Considerazioni e pensieri del professor Vincenzo Antonio Rossi. . . . . » 576
N.° 4. Confronto tra la dottrina, sul moto oscillatorio del mare e sugl'insabbiamenti, del prof. Maurizio ispettor Brighenti e la mia . . . . . » 598
N.° 5. Confronto tra la dottrina, sugl'insabbiamenti, del prof. Pietro senator Paleocapa e la mia . . . . . » 599
N.° 6. *Expériences sur la génération des ondes liquides dites* courantes. Par M. de Caligny . . . . . » 601
» A *Observations nouvelles sur les courbes suivies par les molécules des vagues de la mer, et sur des phénomènes du mouvement des ondes dans les canaux, qui se rapportent à ceux du mouvement de la mer dans les rades*. Per il medesimo . » 604
» B *Note historique et critique sur la théorie des ondes*. Per il medesimo . . . . . » 609
» C *Supplément à la Note historique*. Idem . . . . . » 614
» D Sullo stesso argomento e del medesimo autore. . . . . » 625
N.° 7. Ancora sulla: *Trasparenza dell'acqua del mare* e sulla visibilità degli scogli, in occasione di un articolo del giornale di Modena: *Il movimento scientifico*. . . . . » 632
N.° 8. Intorno agli effetti delle onde sul fondo del mare, al di fuori dell'antemurale del porto di Civitavecchia. . . . . » 636
N.° 9. *Mémoire sur la hauteur des vagues à la surface des Océans*. Par M. Coupvent des Bois. . . . . » 642

CATALOGO PER ORDINE ALFABETICO DEGLI AUTORI E DELL'OPERE QUI CITATE. . . . . » 649

PROTESTA DELL' AUTORE

Tutti i nocchieri, per quanto mai di cautela, di vigilanza e diligenza adoprino nel tracciare e correggere la rotta de' loro bastimenti, sogliono trovare errore ben grave nel punto di stima. Questo fatto m'indusse a credere, che oltre agli elementi già noti ve ne dovesse essere qualche altro che, ignorato o misconosciuto, fosse la causa precipua della sopraddetta anomalia. Mi diedi allora a pensare che il moto ondoso del mare potesse non lievemente contribuire alla differenza tra il punto astronomico e quello stimato: ma non poteva rendermene ragione, perché in altri non trovava soddisfacente ammaestramento. Anzi mi sentiva dai maestri consigliato a dirigere sempre più le mie investigazioni sul migliore uso possibile del solcometro, della bussola, delle correnti ordinarie e sul valore dello scarroccio, di quello che cercare un valore di trasporto nella massa liquida componente l'onda.

Riflettendo inoltre alla dottrina degl'interrimenti de' porti e de' lidi mi sembrava vedervi piuttosto un effetto prodotto dai flutti regnanti che dalle correnti littorali o di marèa, come si dettava nelle scuole d' idraulica.

— La teorica seguìta, non ammettendo mai moto di reale trasporto nelle molecole che costituiscono l' onda, né potenza di agire a grandi profondità, non permette d' imputare ai flutti il mal' esito della navigazione di stima, il protendimento dei lidi e la colmata de' porti —. Le lunghe serie di fatti qui raccolte, spero che mostreranno erronea cotesta teorica.

Il mio ardire adunque si spingerebbe oggi alla proposta di dottrine non ancora ricevute nelle scuole; ed esse toccano i confini non solo dell'arte nautica, ma anche quelli delle scienze idraulica, geologica e fisica.

E perché non si creda in me soverchia presunzione nel voler discorrere d'idraulica, di geologìa e di fisica, mentre io professo la marinerìa, mi fo lecito manifestar l' ordine successivo che mi condusse allo studio di queste altre utili e belle parti delle matematiche applicate.

Nel 1841 io tornava dalla onorifica ed istruttiva spedizione di Egitto, ove ebbi agio di vivere sette mesi lunghesso il corso maestoso del Nilo, per meglio di ottocento miglia salendo dal mare alla prima cateratta con uno dei tre nostri bastimenti partiti dal Tevere, occupandomi più specialmente, con gli altri ufficiali a me affidati, dell'idrografia di quel classico fiume; ed allora io veniva destinato a partire per Francia e per Inghilterra ad oggetto di commettere per il Governo, ove meglio credessi, i tre primi piroscafi ed una macchina effossoria a vapore pel

Tevere. Nella quale circostanza la s. m. di GREGORIO XVI si degnò di ordinarmi puranco di visitare e studiare in detti regni quelle opere idrauliche, che potessero convenire al nostro fiume e ai nostri porti. Così io mi trovai nella fortunata posizione di potermi regolarmente occupare della scienza e del governo delle acque, i cui rudimenti non mi erano affatto ignoti. L' ufficiale lettera di raccomandamento al nunzio apostolico in Parigi mi pose a contatto con i ministri di Francia, e mi procurò il vantaggio dell'assistenza de' Beautemps-Beaupré, de' Boucher, de' Bernard, de'Raffeneau de Lile e di altri egregi ingegneri, come pure nell'Inghilterra de' Beaufort, de' Brunel, de' Rennie, e mi procurò eziandio il comodo di esaminare le più grandi opere idrauliche di quei vasti ed intraprendenti paesi: assistenza e comodità per me molto più utili quando, una seconda volta, traversai l' intera Francia, dall'Oceano al Mediterraneo, per fiumi e per canali conducendo a Roma i tre piroscafi in Londra costruiti (*a*).

Da siffatte opportunità, e per assoluto obbligo di corrispondere meglio che per me potevasi all'ordinazione Sovrana, la quale si estese anche alla compilazione di un libro *sulle barche a vapore e sul Tevere*, che venne reso di pubblico diritto (*b*), nacque in me la grata necessità di dedicarmi più assiduamente allo studio delle idrauliche leggi, cui già per natura mi sentiva inclinato.

Si aggiunse poi che al cader del 1842 io ebbi

(*a*) *Rélation de deux voyages exécutés par la marine militaire des États romains dans les annés* 1840, 41 *et* 42. (Annales maritimes et coloniales). Paris 1843; Tome 1. pag. 524-545. Imprimerie Royale.

(*b*) *Delle barche a vapore e di alquante proposizioni per rendere più sicura e più agevole la navigazione del Tevere e della sua foce in Fiumicino.* Roma tipografia delle Belle Arti 1845, in 8° di pag. 416.

l' opportunità di accompagnare il professor Brighenti negli studi da lui fatti in Fiumicino per ordine del Governo ad oggetto di suggerire i provvedimenti atti a correggere la cattiva condizione di quel porto-canale; che nel 1846 ebbi il vantaggio di prender parte alla visita scientifica fatta dall' ingegner in capo signor Dausse per ordine del governo di Francia lungo l' alveo del Tevere dal mare sino a meglio di settanta miglia verso la sua scaturigine, e che nel 1853 .potei per la terza volta rivedere, nei sopra nominati regni, quelle opere ed altre posteriori alla prima visita, nella occasione che il regnante Sommo Pontefice si degnò volere che andassi a ricevere e quindi condurre presso di noi due nuovi piroscafi pur essi in Londra costruiti.

Arroge, che l'arte del marinaro con amore da me esercitata, mi ha reso famigliari le onde ed i suoi effetti, e mi ha dato agio di esaminare questi incomodi fenomeni del mare sul posto, nello svariato stato di loro sviluppamento e nel loro svariato esercizio dall' alto mare fino al lido.

Finalmente la mia posizione di officio come direttore della navigazione del Tevere per nove anni occupata, mi somministrò l' occasione di discernere ciò che era più necessario allo studio dell'idraulica; al che inoltre contribuirono molto gli autorevoli consigli e validi incoraggiamenti favoritimi dai mentovati Brighenti e Dausse, dal Venturoli, dal Cavalieri, dal Bertolini, dal Natali, dal Folchi, dal Provinciali, dal Ponzi, dal Paleocapa, dal Lombardini, dal Casoni, dal Manetti, dal Francolini, dal Parlatore, dal Paoli e da altri maestri, ai quali professerò sempre viva gratitudine.

* Fin qui per la prima edizione di quest'opera, che

come saggio io pubblicai nel 1856 (*c*); per la quale due illustri Accademie italiane furono da me consultate. L'una si dichiarò favorevole, l'altra esternò de'dubbî sopra qualche punto essenziale: ed a questa, per sommi capi, sottoposi degli schiarimenti. Dipoi, dall'Inghilterra, dalla Francia e dall'Italia sette chiarissimi uomini fecero buon viso alle mie proposizioni; un ottavo, italiano, non meno valente degli altri, mi fece l'onore di confutare la parte più sostanziale della dottrina mia. A questi io risposi particolareggiatamente in ispeciale articolo pubblicato nel Giornale, che si stampa in Milano, dell' ingegnere-architetto ed agronomo all'anno 1861.

* Quei dubbî e quella confutazione sarebbero forse state bastanti per incoraggiarmi a tornare un altra volta alla carica su tutta la linea, decidendomi all' ordinamento di una seconda edizione dopo d'aver rincalzato il mio scritto di altre, e non poche, falangi di fatti; ma, sotto la data del 23 maggio 1857, un onorifico invito del Ministero del commercio e de' lavori pubblici, ad esuberanza stimolò il mio amor proprio a continuare questi studî: quindi la ristampa del mio lavoro fu da quel giorno definitivamente stabilita.

* Dal 1856 al 59 io rivedeva, per ben quattro volte, la Francia e l' Inghilterra per quivi ordinare e poscia condurre in Civitavecchia, prima altri due piroscafi ed in seguito una piro-corvetta. In questi viaggi io visitava novamente i citati scienziati, ed ai superstiti della prima data potei aggiungere la personale conoscenza di una nuova eletta di uomini di quelle nazioni, come l' ammiraglio Mathieu ed il

(*c*) *Cenni sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso.* Roma; Tipografia delle Belle Arti 1856, di pag. 152 in 4.° Memoria estratta dagli Atti della Accad. pont. de'Nuovi Lincei, tomo VI e X; ed inserita negli Annali delle opere pubbliche e dell' Architettura; Napoli, Anno V.

capitano di fregata Le Gras; gl' ingegneri Keller, de Tessan, Darondeau e Pascal: gli ammiragli Manners, Washington; il general Sabine; l' astronomo Airy; i geologi Murchison, Lyell e Pentland; gl' ingegneri J. Scott Russell, B. Walker, W. R. Hughes e B. Bascombe, i quali tutti mi furono larghi di cortesie e di ammaestramenti. Inoltre, più recentemente, io riceveva particolare incoraggiamento nei miei studî dai capitani di vascello Bourgois e Simonet de Maisonneuve, dal tenente di vascello Julien e dagli ufficiali in ritiro Zurcher e Margollé.

* Anche l'Italia venne da me in modo speciale visitata, e quivi pure non mi mancarono nuovi incoraggiamenti. L'ammiraglio Carlo signore di Persano, quel di Persano istesso che, a confessione dello Jal, mentre navigava al Brasile, al mar del Sud, arricchiva di nostra lingua, *avec un soin extrême, le Glossaire nautique,* il marchese Raffaele ingegner Pareto, il colonnello del genio Damiano Sauli, il professor Ferdinando de Luca, l'ispettore Tommaso Coronini, l'ingegnere N. de Rosa, e, sopra ogni altro, l'astronomo padre Angelo Secchi ed il padre maestro Alberto Guglielmotti si mostrarono generosi ad ogni mia ricerca, e debbo inoltre al primo di questi due chiarissimi la preziosa conoscenza di taluni de' sopranominati illustri uomini d'Inghilterra che mi furono particolarmente utili; ed al secondo dotti schiarimenti; avendomi egli anche mostrate le note del Giornale dei suoi viaggi marittimi, ed il suo tuttora inedito gran *Vocabolario Marino e Militare,* che riempirà quel vuoto sentito da noi marini in ordine alle definizioni delle cose di arte ed alla scelta ed origine della nostra terminologìa, vuoto che male tra noi ebbero in parte coperto nel corso di questo secolo gli originali e le traduzioni che ci corrono nell'uso giornaliero alle mani.

* Dopo tuttociò non farà più maraviglia come io m'induca a parlare anche d' idraulica e di geologìa, e solo potrebbe darmisi carico, se, dopo tanti savi consigli, dopo venticinque anni di studio nei più dotti libri e nelle più grandi opere eseguite sui fiumi e sui mari, non mi fossi alcun poco avanzato in esse scienze.

* I fatti e gli argomenti aggiunti in questa seconda edizione, sono distinti da un asterisco *, che segue il numero progressivo di ogni capoverso: il contenuto nella prima edizione porta il numero soltanto o nulla.

* Taluno forse troverà soverchio l'uso in un libro italiano di riportare dei tratti di opere francesi nel loro idioma originale. Si converrà, spero, che il tradurli era cosa poco più faticosa che il copiarli, ma ho temuto che traducendoli perdessero di valore. Inoltre, altri hanno tenuta questa via, tra i quali citerò soltanto lo Scott Russell, il Fitz Roy, il Secchi ed il Lombardini. Di più, riflettendo alla natura del mio lavoro e più ancora alla classe degli uomini a cui è diretto, nutro speranza che il partito scelto non rechi punto inconveniente. Se per la lingua francese avessi tenuto lo stesso metodo che per la inglese, il mio libro si sarebbe di molto ingrossato, e, lo ripeto, inutilmente.

Negli altri miei scritti ho io sempre domandato indulgenza ai lettori per i pensieri, le osservazioni e per lo stile; in questo non credo essere obbligato a fare altrettanto, perché nulla ho trascurato per dare ad esso tutta quella perfezione di cui sono capace. E però i difetti che saranno per rinvenirvisi non dovranno essere attribuiti a mia colpa, dappoiché non dee dirsi colpevole chi procura a tutt' uomo di fare il meglio che può. Tuttavìa nel gran numero delle

questioni che mi si sono affollate dinanzi nello svolgere questo complicatissimo argomento, essendovene di quelle che meritano più profonde ricerche e nuovi sforzi per ridurle al punto di essere evidentemente risolute e completamente abbracciate, non ho mancato nel corso della trattazione di domandare per esse al lettore compatimento ed istruzione.

ACCADEMIA PONTIFICIA DE' NUOVI LINCEI

NAUTICA E IDRAULICA

RAPPORTO

Sull' opera del sig. commendator Alessandro Cialdi *sul moto ondoso del mare, e su le correnti di esso, specialmente su quelle littorali* (*a*).

(Commissarî, Sig. professori Nicola Cavalieri San Bertolo, Paolo Volpicelli, Giuseppe Ponzi, P. Angelo Secchi *relatore*).

È assai raro ai giorni nostri l'avere ad occuparsi di opere elaborate che siano il frutto di molto studio, paziente lettura e lunga esperienza: attualmente si preferisce la brevità e la diffusione de' giornali alle opere di fondo e di fatica. Ma certe grandi questioni non possono trattarsi a questo modo, e fortunatamente noi abbiamo l' occasione di occuparci oggi di una di queste opere serie fatta sulla natura e gli effetti del moto ondoso del mare e delle correnti dal nostro collega il sig. Comm. Alessandro Cialdi.

Il volume che abbiamo sott' occhio di 693 pagine è il prodotto di molti anni di studio e di fatica. Cominciato fin dal 1853 come semplice lettera, fu aumentato notabilmente e presentato alla nostra Accademia nell'anno 1855 e inserito nei suoi atti. Questo nella presente edizione è divenuto un' opera voluminosa che contiene nuovi trattati, e racchiude tesori di notizie indispensabili ai marini, fatti importanti pei geologi e pei fisici, e norme preziose per le costruzioni idrauliche marittime de' porti.

Rammenterete che quest'Accademia, nell'approvare il Rapporto che la presente Commissione, per ordine dell'Accademia medesima, compilò sul lavoro del Cialdi nel 1855 (*b*), (epoca in cui

(*a*) Rapporto letto ed approvato dall' accademia nella tornata del 4 marzo 1866. *Atti dell'Accademia* tom. XIX.

(*b*) Questo risulta dagli Atti dell'Accademia al Tomo VI, pag. 183.

esso non era ancora fra i membri ordinarî dell'Accademia) convenne che si facesse istanza presso il Ministero del commercio e dei lavori pubblici, onde uno studio tanto utile, e così felicemente iniziato dall'Autore, fosse promosso tra i nostri marini; e particolareggiata lettera del nostro Presidente accompagnava al Ministro quella accademica risoluzione. Or bene, essa incontrò favorevole accoglienza, ed il Cialdi venne d' Officio incaricato di continuare gl' intrapresi studî, ed oggi egli ha sottoposto al giudizio dell' Accademia il risultamento delle ulteriori sue ricerche, prima di presentarlo al detto Ministero.

L' Autore a prova delle sue teorìe riunisce due elementi che di rado vanno uniti insieme, cioè immensa lettura e copia di materiali dedotti dalle altrui opere, e gran numero di osservazioni tutte sue proprie fatte tanto durante le lunghe navigazioni di mare e di fiumi, in cui ha speso gran parte della sua vita, quanto nell' occasione di costruzioni de' porti di cui si è occupato, ora per istudio privato, ora per commissione avutane.

È dunque questa un' opera vasta e profonda, e di cui è difficile dare un sunto. Noi cercheremo tuttavìa di espor quanto basti a formarne una idea.

Esordisce egli coll' analisi delle opere degli Autori che lo han preceduto nella teorìa del moto ondoso; ne forma delle categorie, che, stante la diversità delle vedute, egli chiama scuole dividendole per nazioni. Da questa parte del lavoro si desume la storia e lo stato della scienza intorno all'argomento che tratta.

Sul movimento delle molecole nella massa ondeggiante non si ferma, perché crede mancare su ciò una sufficiente esperienza e una compiuta teorìa, e perché suo precipuo scopo è l' investigazione sul complesso del moto ondoso e sugli effetti di esso.

Passa poi a considerare gli effetti del vento in mare, i contrasti di correnti tra correnti, di onde tra onde, esamina l' azione del vento nelle grandi tempeste alla superficie del mare, e termina col notare gli effetti del vento contro le rive.

Quindi, preso ad esame quanto si è osservato circa l' altezza, la lunghezza e la velocità delle onde, raccoglie le misure

trovate dai navigatori e da lui stesso, manifesta esistere de'vuoti nelle osservazioni fatte, e propone il modo di provvedervi.

Ma lo scopo principale dell' Autore è quello di mettere sotto il loro vero punto di vista i fenomeni delle onde del mare per trarne la spiegazione di molti fatti tanto relativi alla navigazione, quanto alla costruzione de' porti.

Tre sono i punti principali sui quali ci fermeremo brevemente:

1.° La profondità a cui si risente il moto ondoso nel mare.

2.° Il moto di trasporto prodotto dalle onde e dai flutti, ossia la teorìa del fluttocorrente.

3.° L' applicazione delle predette dottrine alla nautica ed all' idraulica.

In quanto alla profondità a cui riesce sensibile il moto ondoso, egli dimostra con una copia immensa di fatti quanto sia erroneo il parere di quelli che la limitano a 7, 8 al più 10 metri. L'Autore fa vedere che in certi luoghi e in certe circostanze, quantunque non straordinarie, può estendersi notabile fino all'enorme profondità di 200 metri.

Le prove di questa asserzione si riducono a due classi: o esperimenti diretti, o osservazioni di fenomeni che ne dipendono. Le osservazioni dirette non mancano: tali sono gli esperimenti di Aimé, e sopratutto i fatti osservati ad occasione del ripescamento degli oggetti della fregata Teti naufragata al Capo Frio, ove le casse e gli arnesi furono trovati rotti e fracassati dalle onde alla profondità di 22 metri. Per le maggiori profondità è necessario andare ai fatti indiretti. Uno di questi è il frangere delle onde al passare che fanno sopra gli scogli subacquei e gli alti fondi: se il moto ondoso non fosse sensibile che a 7 ovvero 8 metri, è chiaro che uno scoglio a maggior profondità non potrebbe così influenzare la superficie dell'onda. Ora il fatto va ben altrimenti. L'Autore prova che nell' Oceano le onde si spezzano alla superficie incontrando un ostacolo alla profondità puranco di 50 metri, e nel Mediterraneo a quella di metri 30. Queste istesse onde nell' Oceano alla profondità di 200 metri danno indizio di loro azione sul fondo, come nel Mediterraneo fino a 50 metri. Quello che si dice degli scogli devesi dire anche de' banchi, i quali al loro contorno producono

un mare alterato, e una calma al centro su la loro superficie che serve spesso in alto mare come di porto ai naviganti, fra quali sono famosi i banchi delle Cherchene e di Terranova. Ora tali fenomeni sarebbero inesplicabili senza supporre che il moto arrivasse ad urtare con forza in quelle profondità, che spesso sono superiori a 100 metri.

Per ulteriori profondità può ciò argomentarsi anche dal colore del mare. In alcuni paraggi, e specialmente al Capo di Buonasperanza sul banco delle Agullas, il mare si vede abitualmente torbido, e alcuni hanno creduto che così apparisca per effetto della riflessione della luce dal fondo.

L'Autore per provare erronea questa credenza, prende a trattare il tema del coloramento dell' acqua e per questa via non da altri battuta, giunge alla stessa sua mèta.

Egli, raccolti molti fatti intorno a questo fenomeno, e percorsa la traccia della distribuzione della vita vegetale sottomarina, ed analizzate le leggi dell'ottica, conferma che le onde agiscono potentemente in quella profondità. A questo fine riporta per intero un'articolo sulla trasparenza del mare, compilato da uno di noi dopo diretti esperimenti, dai quali risultò *che oltre 45 metri di profondità gli oggetti acquistano nei mari nostri il colore dell'acqua del mare, e perciò sono indiscernibili.*

E basandosi sopra queste nuove dimostrazioni conclude:

« Dopo i fatti qui sopra esposti, i quali si danno la mano e si cementano con gli antecedenti, credo che ognuno debba riconoscere gradatamente discendendo dalle mediocri alle grandi profondità, che il coloramento dell'acqua sul banco dell'*Agullas* si compone principalmente dalle materie di cui è formato, quantunque trovisi in duecento metri di distanza dalla superficie del mare, e che, con esse intorbidata l' acqua, si mostra a noi per effetto di quella medesima causa, che fa vedere e sentire quei movimenti particolari alla stessa superficie: in una parola che questi come quello sono il prodotto del lavoro del moto ondoso anche a grandi profondità. »

Passando al secondo punto, ossia al moto di trasporto prodotto dall'onde, deve distinguersi il caso di mare aperto e libero, da un mare vicino al lido o da un fondo variato o che si rialza.

La teorìa matematica delle onde riguarda comunemente come nullo il moto di trasporto nelle medesime, ma la pratica mostra che le cose vanno altrimenti in mare. Non già come crede taluno che il corso o trasporto si faccia con quella celerità stessa con cui accade la propagazione dell' onda, perché devesi ben distinguere il moto di propagazione del dislivello da quello delle molecole acquee che lo formano oscillando.

Il punto che intende provare il nostro Autore è che nello strato della massa superficiale dell'acqua rimane sempre un notabile trasporto quando è sferzato dal vento. Ciò è dovuto in alto mare all'azione del vento che pel suo attrito e impulso contro l'acqua ne trasporta le molecole della superficie, come vediamo farsi sulle dune le arene, e tale trasporto deve esser tanto più notabile quanto è più agitata la superficie del mare, perché allora le onde più si accostano ad esser normali alla direzione del vento almeno da uno de' loro lati e gli danno più presa. Quindi nei grossi fortunali questo trasporto è assai notabile, e l' Autore lo dimostra dal fatto che nella navigazione a stima si commettono gravi errori e si corrono molti seri pericoli perché non si tiene conto di tale trasporto, come già avvertì il Goimpy.

Voi conoscete i vasti lavori del Maury, e però voi non ignorate certo che nella Geografia fisica del mare, quell' infaticabile e benemerito compilatore dettava uno speciale articolo sotto il titolo *The drift of the sea*.

In questo articolo egli ha inteso di riunire quei movimenti di traslazione di masse liquide, i quali non costituiscono delle correnti ordinarie, perché in realtà essi sono movimenti parziali, e variabili in direzione ed in forza; perché cominciano e finiscono sempre in mezzo al mare, ossia non hanno direzione determinata da una data estremità all'altra di punti fissi come le correnti ordinarie, e perché non se n' è potuto ancora stabilire la regola ad istruzione dei naviganti.

A questa importante questione il Cialdi ha diretto un particolare studio. Egli, dai fatti raccolti dal Maury stesso e da altri non pochi tolti dai giornali dei più accreditati navigatori, dimostra che quei movimenti della superficie del mare sono prodotti dalle onde incalzate da forte vento, e conclude:

« Che se la sola azione del vento e delle onde non si volesse credere sufficiente, come causa unica dei vastissimi movimenti di cui parla il Maury, io non pretendo di escludere interamente quella che egli mette in campo; . . . anzi le due spiegazioni potrebbero esistere entrambi, e forse darsi la mano, purché non siano in avvenire confuse le ordinarie correnti con i particolari e straordinarî moti dovuti alle onde. »

Dopo questa conclusione e dopo le antecedenti dimostrazioni, dove l'Autore ha parlato dell' incognito moto di trasporto straordinario, cui soggiacciono i bastimenti malgrado la scienza e l'esperienza di chi li dirige, e dopo l'esposizione dell' insufficienza dei mezzi proposti per correggere il veduto errore di stima, provato i gravi danni che l' umanità, il commercio e lo stato risentono da questo errore, riepiloga nel modo seguente:

« Egli è certo, che in tempo di venti forti l'acqua, nella parte superiore de' marosi, è sensibilmente spinta in avanti. Spesso si vede la superficie delle grandi onde intaccata da gran numero di piccoli flutti, i quali frangendosi a volute fanno biancheggiare il mare; fenomeno da indicarsi col titolo di *mare a montoni*. . . .

« Dunque nei detti casi si deve far entrare nel conto di stima del bastimento l'elemento di trasporto dovuto ai marosi, interi o franti che sieno; il quale avrà più o meno valore secondo la forza, la durata e l' estensione del vento, e sarà adatto a superare nei casi di vento furioso e continuato quattro miglia e più l'ora.

« Con questo nuovo studio su i trasporti straordinarî si giungerà a diminuire gran numero di quei secondarî corsi di acqua, di cui oggi, in tutte le direzioni, sono irrigate le Cartecorrenti, siccome sparirono già gran numero di quelle seccagne di cui erano seminate le Carte dell' Oceano, perché sarà determinata la vera causa di ogni trasporto. Si è veduto infatti che si ritengono per correnti ordinarie quei trasporti, i quali sono dedotti dalla differenza del cammino di stima con quello osservato, ovvero dal rinvenimento di bottiglie gettate in un dato punto ed in altro raccolte, mentre, in verità, cotesti trasporti possono essere soltanto movimenti parziali e

temporanei dovuti alla forza e durata del vento ora in questa, ora in quella direzione. Per questa via sarà data spiegazione a quell' *incognito moto di trasporto*, come l' annunziava de Courtanvaux, a quell' *agente occulto*, come lo chiamava Macarte, a quella *fin qui ignota ma fatale corrente*, come si esprimeva il Piddington, a quell' *improvviso misterioso impulso o spinta*, come dice lo Hall, a quel *guadagno di flusso*, come lo qualifica il Keller, in somma si sapranno calcolare quelle stravaganze di forza, e di direzione che verificansi anche nei paraggi di correnti costanti. Stravaganze che sorprendono; inquietano i più esperti navigatori; troppo spesso troncano la vita a migliaia di generosi, intelligenti e robusti cittadini, e distruggono milioni di capitali necessarî ed attesi dal commercio e dallo Stato, e che hanno fatto dire a Vicendon Dumoulin, nel render conto delle rotte delle corvette l'Astrolabe e la Zélée, comandate da Dumont d'Urville, che « *il lettore sarà forse maravigliato delle differenze che potrà notare sia nella forza, sia nella direzione delle correnti dedotte dalle rotte delle corvette; ma noi crediamo dovere avvertire in antecedenza che tutti questi calcoli sono stati scrupolosamente riveduti, e che queste anomalie devono necessariamente riferirsi agli errori delle stime fatte col solcometro e la bussola* »; errori che sono risultati molte volte, mi sia lecito di soggiungere, perché non si è tenuto conveniente conto del moto di trasporto di massa causato dai marosi. »

Ma un'altra causa di questo trasporto si ha presso il lido a cagione della reazione del fondo.

La quantità di azione o forza viva che anima la massa dell' onda allorché questa da un mare profondo giunge presso il lido, trovasi necessariamente diffusa in una massa diversa, e quindi deve aumentare la celerità delle molecole della nuova massa minore, onde resti costante il prodotto mv^2. Di più l' ostacolo incontrato dalla parte inferiore della massa fa che la velocità moleculare non restata estinta presso al fondo venga comunicata alla superficie, e così quel piccolo moto orbitale, che anche teoricamente sempre trovasi nell'onda, viene a trasformarsi in moto traslatorio della massa intera, e ad avere alla superficie notabile effetto per la navigazione.

Benché la teorìa di questo fatto sia forse un poco oscura, esso però non è men certo. E il nostro Autore dopo averlo sviluppato e reso evidente con una ricca serie di fatti, si riassume dicendo:

« Inoltre ho voluto trattare nel modo il più manifesto l'esistenza di eguale fenomeno di trasporto nelle onde *anche senza vento*, ma apprezzabile per l'uso della navigazione in quei luoghi *soltanto*, ove i marinari con verità, ma con erronee espressioni, dicono: *i frangenti attirano il bastimento*; *la corrente tira a terra*; *la calamita attrae in terra i bastimenti*; ossia ove il fondo del mare non permette ad esse onde di svilupparsi liberamente; il che, in generale e nei grossi tempi, accader deve dal ciglio delle ghirlande dei terreni avventizî sino alla riva, e con rapida progressione: fenomeno che ho chiamato *fluttocorrente della superficie*. E pure di questo trasporto ho, in genere, accennato ad un valore; acciocché siano aggiunti i dati per correggere anche questa seconda importante causa di sinistri, ed acciocché l'una e l'altra dimostrazione serva almeno a convincere ognuno della grande influenza dei fenomeni di cui ho ragionato, del bisogno che si ha del ripetuto lavoro, e della utilità che da esso ricaverebbe la navigazione di altura non che quella di costa. »

Le prove di questi movimenti sono analizzate con molta estensione per la loro importanza dal nostro Autore, e convalidate con gran numero di autorità e di osservazioni.

Dopo aver stabilito questi due grandi principî, che il moto ondoso si propaga a grandi profondità e che esso può dare origine a una vera corrente (che l'Autore chiama fluttocorrente), esso passa alle importanti applicazioni di queste dottrine.

E primieramente ne risulta essere indispensabile ai marini il tener conto nella navigazione per istima di questo trasporto di flutti anche in alto mare, ed esorta però i navigatori a stabilire sperimentalmente gli elementi necessarî a questo calcolo, che per commodità dovrebbe ridursi a tavole con cui correggere facilmente la rotta nel bastimento. Il qual calcolo si farebbe facilmente dietro la conosciuta velocità del vento per l'alto mare.

L'Autore pure crede che a tal moto possa attribuirsi ta-

luno di que' rimescolamenti di masse d'acque marine, che sono stati interpretati prima come deviazioni delle correnti e specialmente della corrente del Golfo. Questo pure può essere di gran servizio ai marinai per non prendere abbaglio, e confondere le correnti sistematiche dell' Oceano cogli accidentali trasporti dovuti ai flutti.

Nei luoghi poi ove riesce sensibile la influenza del fondo per generare il fluttocorrente, dovrà tenersi conto della direzione e volume delle onde rapporto alla costa.

Ma una delle cose più importanti e su cui anche si trattiene a lungo è l'influenza che ha questo trasporto prodotto dal moto ondoso nelle vicinanze dei lidi per l' interrimento de' porti, e specialmente di quelli costruiti alle foci de' fiumi.

Tutti sanno come questi interrimenti siano fatali a queste opere idrauliche e che i mezzi finora indicati per evitarli sono riusciti vani. Da valenti idraulici sono stati creduti originati dal trasporto delle materie fatto dalla corrente littorale detta del Montanari. Ma il nostro Autore mostra l' insufficienza di tal causa con molti argomenti, e invece esaminando gli effetti del trasporto delle onde conclude che a queste si deve principalmente.

Noi non possiamo entrare a sviluppare le sue prove che sono assai copiose; solo diremo che gli interrimenti dipendendo dal vento dominante e non dalla direzione della corrente littorale, mostrano essi stessi che se questa ha pur qualche influenza, non è certamente quella che in fine ha la vittoria.

Da questo consegue che per riuscire nella impresa di tali porti è mestieri avere in vista: 1.° di dar loro tal disposizione che il fluttocorrente non tenda coi suoi trasporti di materiali a colmarli; 2.° di far agire il fluttocorrente stesso a spurgarli.

A tale effetto l' Autore offre un sistema di costruzione assai proprio di sua invenzione, e che sancito da illustri ingegneri idraulici sta ora effettuandosi pel porto di Pesaro. Ma non sono soltanto i nostri piccoli porti che sono minacciati da tal nemico. L'opera più colossale che si stia eseguendo, cioè il gran canale nell' Istmo di Suez, è minacciata di sollecita inoperosità da questo nemico assai poderoso in quei paraggi. L'Autore quindi prende in seria considerazione questo disastro e lo

pondera a lungo, e discute i mezzi proposti per impedirlo, tutti, a quanto mostra la pratica del passato, insufficienti e costosissimi. Quello pertanto che in piccola scala è stato adottato per Pesaro, sarebbe forse il solo che potrebbe riuscire anche per Porto-Saido. La sua proposta è tanto più degna di essere applaudita e sperimentata in quanto che l' eseguirla non porterebbe nessun dispendio ulteriore, né lavoro gran fatto diverso da quello finora progettato, e quando riuscisse in quelle vaste proporzioni certamente sarebbe di un' utilità incalcolabile, e anche mancando di effetto, nulla o quasi nulla si perderebbe.

Tale è in poche parole l'idea di questa opera, che noi non esitiamo di raccomandare ai marini e ai governi illuminati per profittarne; e concludiamo coll'invitare l'Accademia a volere far plauso a questo lavoro, e riconoscendolo utile volerlo presentare come tale all' Eccelso Ministro del commercio, lavori pubblici e della marina, assicurandolo dell'avere l'Autore fatto tale opera che può grandemente giovare l'arte nautica e la scienza idraulica in relazione alle provvide insinuazioni che il medesimo Autore ha ricevute dal Ministro stesso, allorché fu da esso invitato a proseguire ed ampliare questi suoi pregevoli studî.

L'Accademia ha approvato le conseguenze di questo Rapporto.

SUL MOTO ONDOSO DEL MARE

E SU LE CORRENTI DI ESSO

SPECIALMENTE SU QUELLE LITTORALI

CAPITOLO PRIMO

TEORIE INTORNO AL MOTO ONDOSO DEL MARE ED ALLE CORRENTI — SCUOLA FRANCESE — INGLESE — SPAGNUOLA — GERMANICA — AMERICANA — MISTA — ITALIANA — RISULTAMENTO.

ARTICOLO PRIMO

TEORIE INTORNO AL MOTO ONDOSO DEL MARE ED ALLE CORRENTI

1. Nella parte idrodinamica de' miei studî intorno al porto di Livorno (1) io prometteva di tornare sul moto ondoso del mare e sugli effetti da esso prodotti: ebbi in animo di paragonare questi con l' azione delle correnti e di dedurre dai risultati di confronto norme e regole opportune alla conformazione, alla costruzione ed alla conservazione de' porti. Promessa ardua:

(1) *Risultati di studi idrodinamici, nautici e commerciali sul porto di Livorno, e sul miglioramento ed ingrandimento del medesimo.* In 8.° tipografia Granducale. Firenze 1853. Ristampati negli *Annali delle opere pubbliche e dell' architettura*, opera periodica compilata a cura di G. Rossi, N. de Rosa e L. Carrieri ingegneri del corpo di acque e strade. Napoli anno 3.° 1853; nel *Giornale Arcadico*, Roma volume CXXXIX e CXL, 1855; e di poi nel *Giornale dell' Ingegnere-Architetto ed Agronomo*, anno VII, Milano 1857, con due Appendici.

ma che, fatta, bisognava mantenere. Eccomi a sciogliere la data fede: quantunque fra' molti ostacoli che in me si oppongono alla esecuzione di un lavoro pregevole in questo tema, siavi pur quello del presente stato della scienza, il quale da Ferdinando de Luca è nei seguenti sentenziosi termini espresso: *La conoscenza delle correnti, delle maree, delle onde, del terribile affratellamento de' flutti, la notizia della resistenza de' materiali che s' impiegano nelle costrutture idrauliche, sono studi appena abbozzati.*

2. Ciò premesso, entro in materia, cominciando dal delineare un quadro sul concetto che mi sono io formato del modo altrui d' intendere la costituzione delle onde, gli effetti di esse e quelli delle correnti. Nell' estratto delle opere prese ad esame, che rappresenta il componimento del quadro delle diverse scuole, ho avuto in mira di riportare le opinioni manifestate sugli argomenti medesimi dagli autori che mi han preceduto, senza punto esternare in esso la mia opinione. In questa guisa credo che il lettore potrà, dal confronto, più facilmente giudicare appresso le mie proposizioni.

3. Alcuni de' più illustri scienziati hanno procurato di sottoporre i fenomeni delle onde all' analisi matematica; Newton, Juan, Laplace, Lagrangia, Gerstner, Cauchy, Poisson, Bidone, Airy, Plana ed altri vi hanno diretto il loro sapere; ma le teorie loro sono fondate sopra *des suppositions sans lesquelles* (come dice lo stesso Poisson) *le problême deviendrait si compliqué qu'on n' en pourrait espérer aucune solution.* E Bidone, se ha voluto veder confermata la teoría di Poisson dall' esperienze, ha dovuto artificialmente sottoporre queste a quella; e per chi volesse farne dell' altre, avverte di non obbliare alcuna delle condizioni richieste, altrimenti otterrebbe dai suoi esperimenti risultati differentissimi da quelli che realmente hanno luogo, quando le prescritte condizioni sono adempiute. « Ma la natura, nota Emy, ha smentito quelle supposizioni » : nulladimeno gli sforzi di questi sommi han servito ad estendere il dominio dell' analisi trascendente, come osserva il Plana, ed a mostrare la gran difficoltà di sottomettere al calcolo il moto ondoso del mare siccome ogni altro moto de' fluidi se prima non si rivolga lo studio ai fatti della natura, ed essi non si abbian per norma.

* E però A. Morin oggi ancora, parlando della teoría del moto de' fluidi, dice: « *Dans de semblables conditions, l'usage de l' analyse mathématique*, le cui naturali difficoltà sovente conducono il geometra, *sans qu' il y prenne assez garde*, a perdere di vista la realtà de' fenomeni per preferire ad essa delle ipotesi che gli permettono di giungere ad alcune relazioni che il calcolo possa risolvere, *est non-seulement inutile, mais même parfois dangereux*. Maneggiato *par des esprits*, i quali antepongono le idee specolative ai risultamenti delle osservazioni, *il amène entre la science et l'expérience des désaccords qui ne tournent pas au profit de la première*. »

4. Non sono molti anni che tutti i trattatori del moto delle onde marine ritenevano, ch'esso fosse sempre ed in ogni luogo interamente apparente: solo Leonardo da Vinci faceva eccezione a questa dottrina assoluta. Egli aveva riconosciuto che l' *impeto*, ossia la propagazione del moto ondoso, *è molto più veloce che l' acqua*. Ma nell' ammettere con ciò un moto nell'acqua anche nel verso della propagazione, cioè un reale trasporto di massa liquida, avverte che esso non sempre esiste; anzi stabilisce, che *molte sono le volte che l' onda fugge il luogo della sua creazione, e l' acqua non si muove dal sito*.

5. * Dopo che fu pubblicata la prima edizione di questo lavoro, mi è riuscito in Parigi, in seguito di ostinate ricerche, di venire in possesso di un breve scritto del signore di Goimpy, del 1766 unito in appendice all' *Abrégé du pilotage* di Le Monnier, ove ho potuto notare che un secolo fa anche de Goimpy ammetteva moto di massa nelle onde dipendenti dal vento, e proponeva di tenerne conto nella navigazione.

6. * Egli, guidato dalla teoría sul moto delle onde e sulla resistenza dei fluidi dettata dal Newton, e più ancora dall'esperienze da se stesso fatte *dans la mer libre*, ha desunto la seguente regola: *La surface de l'eau prend une vîtesse qui est à celle de l'air ou du vent, en raison inverse, des racines quarrées, de leurs densités, ou comme un est à* 29. Ma vedremo in seguito che anche questo non è sempre vero in quanto al valore.

7. Oggi da un certo numero di scrittori si ammette moto di trasporto nell' onda; ma chi lo crede sempre esistente e in tutta la massa che compone l' onda, chi lo vuole nello strato

superiore soltanto, e chi lo assicura nello strato inferiore e solamente in certe profondità ed in alcune configurazioni del fondo del mare.

ARTICOLO SECONDO

SCUOLA FRANCESE

8. Sul giuoco delle molecole dell'acqua, nella formazione e propagamento delle onde, vi è non minore discordanza di pareri. Taluni con de la Coudraye e Bremontier ammettono *le mouvement vertical*. Il primo osserva, che le molecole delle onde non fanno che abbassarsi ed elevarsi *à peu près verticalement*; l' altro in modo esplicito assicura, che tutte le molecole, di cui si compone l' onda, montano e scendono *verticalement, et absolument en masse, sans éprouver aucune espèce de dérangement par rapport à la surface, ni par rapport à la verticale*: il qual moto secondo essi, si comunica *à de très-grandes profondeurs*.

9. Altri con Emy lo credono *orbitaire* coll' asse maggiore verticale. Il moto di un satellite attorno al suo pianeta, combinato con quello del pianeta attorno al sole, rappresenterebbe abbastanza bene il moto *orbitale* di ciascuna molecola liquida in una doppia ondulazione; ma Virla non sa concepire il moto di una molecola attorno a centri, i quali non sono nè fissi, nè materiali; ed Emy risponde, che si possono citare altri casi di moto epicicloidale dello stesso genere: per esempio quello della trottola (*pirouette*) la quale descrive sopra una tavola delle orbite, anche molto differenti fra loro, attorno a centri che non sono nè fissi, nè materiali; e soggiunge che de Coraucez ha pur egli trovato che le oscillazioni delle onde *ont lieu autour de centres qui ne sont ni fixes ni matériels*. Il moto orbitale di Emy fu già scorto, ma non seguito da Newton, il quale lo espresse per *circulum*; venne descritto in un sistema particolare di onde dal Gerstner, ed è conseguente al *mouvement d' oscillation horizontal* riconosciuto da Laplace. Esso mi sembra inoltre appoggiato dalle esperienze de' fratelli Weber, e da quelle, dentro certi limiti, di Scott Russell, di Aimé, di A. de Caligny e di Laurent.

10. Emy e Virla sono poi d' accordo nel credere soltanto apparente il moto ondoso, *de façon*, dice il primo, *que c' est par l' effet de l' ordre de la succession de leurs oscillations que les ondes sont formées et paraissent se mouvoir.*

11. Emy infine ha fondata un teoría circonstanziata sopra un fenomeno delle onde ch' egli chiama *flots de fond* (*flutti del fondo*), il quale fenomeno a suo avviso, prende origine quando la base dell'onda trova risalti (*ressauts*).

12. Il Virla per combattere la teoría delle onde e de' flutti del fondo di Emy, e per sostenere quella di Bremontier, ha preso dalle leggi del moto dell' acqua nei sifoni quanto a parer suo presentano d' identico fra essi questi due fenomeni. Egli osserva che la sola considerazione del principio generale della trasmissione delle pressioni, combinandosi coll' inerzia e viscosità, basta a rendere ragione dell' analogía del moto delle onde con quello *dû au syphonnement*. Ammette con ciò la contraddetta supposizione di Newton, e di più la generalizza, e passa a credere che le molecole oscillino nelle onde come nei sifoni, ossia in un modo più o meno analogo. Emy censura la teoría di Virla, e cita due prove contro di essa: la prima è, che *si le syphonnement existait*, si sentirebbe il suo movimento di vaeviene orizzontale quando uno si bagna o si tuffa nel mare; ma è costante che nulla sentesi di simile. La seconda è, che si scorgerebbe una deviazione rapida nel cammino che segue un corpo un poco più grave dell' acqua, allorquando lentamente discende in mare profondo e limpido nel tempo che in esso si formano delle onde, e il Bremontier insegna che questa deviazione non ha luogo.

13. * P.—E. Morin abbraccia nella sostanza la teoría di Emy, e combatte sopratutto il moto verticale delle molecole componenti l'onda.

« Quelle molecole di acqua le quali formano le onde, egli dice, non si *mouveront pas verticalement*; perchè se così fosse nella loro elevazione, l' acqua lascerebbe un vuoto nella parte inferiore, e nell'abbassamento loro *la comprimerait d'autant*; e si sa che l' acqua è incompressibile, almeno per pressioni di questa natura. Il loro movimento non è punto quello che ha luogo in un sifone a due bracci retti paralleli o inclinati, o se

si vuole in modo più generale, secondo una curva *non fermée par le haut* ; poichè, se così fosse, bisognerebbe supporre che le molecole di acqua *au bas de l' oscillation* , che deve avere per amplitudine la metà della distanza fra il culmine di ciascuna ondulazione *ou vague, aient, dis-je, une vîtesse très-grande horizontale*; ed inoltre, che le molecole situate dall'uno e dall'altro lato della verticale *du sommet ou du creux*, si muovino in verso contrario e produchino con ciò un vuoto come nel precedente caso. Bisognerà dunque *supposer* , come l' ha fatto il colonnello Emy , *que les molécules d' eau dans les vagues se meuvent suivant des courbes fermées* (Mouvement orbitaire). »

14. * Sul fenomeno dei *flots de fond*, egli non è sempre d'accordo coll' Emy. E per la genesi ed il corrodimento delle spiaggie, ecco come egli stesso riassume le sue proposizioni.

* « Da ciò che abbiamo detto risulta che *les vagues* in tutte le disuguaglianze (*anfractuosités*) del mare e le correnti della marea *seulement* , entrando nelle baje profonde, tendono a *les encombrer*; mentre le correnti che seguono i contorni delle baje e dei seni, tendono a *les désencombrer* come quelle che si dirigono dalla terra verso il mare. Noi abbiamo veduto che *les vagues* possono avere una grande forza, e per ciò *porter* nei seni delle pietre di gran dimensione , mentre le correnti hanno in generale molto meno forza , e non possono *enlever* che delle materie leggere. *Les vagues*, per far muovere *les alluvions*, hanno più forza *suivant* l'angolo di 45°, e le correnti quando esse seguono la più breve linea per entrare e per uscire dai seni e dalle baje. *Le mascaret*, il quale non è che una *grande vague*, agisce nello stesso modo delle *vagues*. *Enfin* , *le niveau de la mer peut baisser dans les ports.* »

15. Il Fèvre ha presentato alcune spiegazioni de' moti che imitano quelli delle onde. Come Leonardo, così egli assomiglia le onde marine a quelle che si formano in un campo di grano per l'azione del vento ; e trova la spiegazione di questo moto nell' elasticità e nella compressibilità dell' acqua , considerando l'acqua come elastica, e per conseguenza compressibile fino ad un certo punto.

16. Il Bouniceau tende più per questa teoría che per le altre. Non rifiuta ad Emy *la vérité d'un mouvement orbitaire*, ma non è convinto del fenomeno *des flots de fond*.

17. * « Non si può assistere lungo tempo, siccome noi abbiamo fatto, dice de Tessan, allo spettacolo della formazione e della propagazione di quelle belle onde di 7 metri di altezza e di 150 metri di larghezza, senza preoccuparsi della teoría di questi movimenti, *théorie bien peu avancée et bien digne cependant d'attirer l'attention des géomètres et des ingénieurs.* »

18.* Dopo questa premessa egli descrive la composizione e lo svolgimento delle onde: sulla formazione *des petites rides*, dovuta alla prima impressione del vento, si ferma, ed a lungo si trattiene; *car ce sont là les véritables éléments de ces vastes lames* il cui maestoso sviluppo *impressionne si vivement l' imagination*. Egli fa dipendere l'indicata formazione *intimement de l'adhérence ou frottement de l'air contre la surface de l'eau.*

19.* Secondo lui, l'estensione orizzontale del bacino del mare, *ou plutôt l'étendue de la partie soumise réellement à l'action du vent*, sembra avere una influenza diretta sulla larghezza delle onde; *car le rapport de la largeur à la hauteur des ondes est évidemment moindre dans la Méditerranée que dans l'Atlantique* eccetera.

20. * Così avverte pure che la profondità dell'acqua esercita una manifesta influenza sulla larghezza e l'altezza delle onde.

21.* « *On admet*, dice ancora lo stesso autore, *assez généralement que* nella propagazione delle onde, *le mouvement des particules d'eau est vertical.* Si osserva tuttavia, egli continua, che questa propagazione *est toujours accompagnée* da un piccolo moto di trasporto orizzontale nella direzione stessa del movimento di propagazione dell' onda. » Egli dà anche dei valori di questo trasporto ; ma io non protrarrò più a lungo il presente mio sunto, perchè avrò nel corso del libro a tornare più volte su questo lavoro del de Tessan.

22. Aimé ha fatto delle esperienze dirette sul moto delle onde nella rada di Algeri ; principalmente per conoscere in qual profondità tal moto cessa di essere sensibile, e quale sia la natura di esso al fondo del mare. Egli comincia col dire, che il moto delle molecole dell' acqua in un mare agitato non è stato ancora *déterminé experimentalement par personne.* Le sue esperienze gli provano, *d' une manière évidente*, che le molecole d' acqua, in mare agitato, hanno un movimento

d'oscillation horizontale; ma esse non gli mostrano se l'oscillazione ha luogo dal fondo fino alla superficie, nè in qual modo la sua amplitudine varia con la profondità. Secondo lui, « le conseguenze alle quali giunge Bremontier, *sont fausses.* » Nella suddetta rada *le mouvement oscillatoire* prodotto dai venti ordinari diviene insensibile alla profondità di 40 metri.

23. Quest' autore ha osservato ancora che ogni volta che il vento soffia, comunica alle molecole liquide due specie di moto; l'uno ch' è ondulatorio, *c'est celui des vagues*; l' altro, ch'è di trasporto, *c'est celui des courants*, il quale si fa sentire ad una profondità più grande del primo. Questa corrente spiega come si muovono i banchi d'arena, e in qual direzione *ils se déplacent.*

24. Il de Caligny, parlando degli esperimenti di Aimé, non conviene sulla conclusione di lui, cioè *que le mouvement était oscillatoire sur le fond. Ce genre d' observations, ne me paraît pas entièrement suffisant pour établir cette conséquence*; e ne dice il perché.

25. Il citato A. de Caligny si è avveduto che i due sistemi noti sotto i nomi *siphonnement* e *mouvement orbitaire des flots* si possono conciliare col mezzo del fenomeno già osservato dallo Scott Russell, e conosciuto sotto il nome di *onde solitaire.*

26. Egli inoltre avverte, in conferma di quanto asserisce, che dalle sue esperienze ha dedotto essere la traslazione delle onde *dites courants* non apparente soltanto, ma puranche reale, quantunque questa per verità, ei soggiunge, è molto minore dell'altra.

27. Questo autore, ammette un doppio movimento nelle molecole dell'onda, cioè *oscillatoire* e *une sort de mouvement ellitique*, già notato, ma poi abbandonato dallo Aimé; e pone il moto *jusqu' à un certain point* orbitale *dans les régions supérieures.* Se mal non mi appongo, questo doppio moto ei lo deduce quando l' onda, *dans un canal factice* da esso lui usato per gli esperimenti, toccava il fondo, ossia quando imprimeva *un mouvement de va-et-vient horizontal dans le sable.*

28. Egli si occupa pure di alcuni fenomeni dell'onda *solitaire* e dell'onda *courante où*, in questa, *il n'y aurait pas de mou-*

vement orbitaire bien sensible, e quel movimento orbitale, che vi si è *présenté*, ei lo crede una conseguenza della specie particolare *de syphonnement occasioné par la reaction du fond du canal*. Se ho ben inteso, trova de' punti di *ressemblance* fra queste due specie di onde: la curva di una sembra *parfaitement analogue* all'altra in una sufficiente profondità di acqua; si vedono *souvent mêlées* fra esse; ma, com'egli avverte, ciò che avvi di più caratteristico, nell'aspetto generale del sistema, è la specie di rapporto che si presenta tra *les orbites* percorse dalle molecole nel genere particolare delle onde correnti da lui studiate, *et les chemins demi-orbitaires*, se così può dirsi, studiati direttamente dal Russell nell'onda solitaria.

29. Così, dalle stesse esperienze e ragionamenti del Caligny, si scorge che in altri punti le dette onde disaccordano: l'onda solitaria è più veloce dell'altra; essa non si può *présenter dans les mers très profondes*, l'altra ha luogo ovunque; la prima *a un mouvement de transport réel*, la seconda no, *sauf le petit mouvement de translation réelle admis par les marins*; quella agisce *contre les fond du parement vertical* come una specie *de coup de bélier*, di questa non pare specificata l'azione; entrambe danno *un mouvement de recul au fond du canal* più forte che il movimento *de progression dans le sens du mouvement de translation apparente* di queste onde, *même sur un ressaut*; ma quest'effetto nell'onda solitaria sarebbe *sensiblement double* di quello prodotto dall'onda corrente. Sembra che di due specie sieno le onde solitarie: in *un ressaut brusque*, situato lungi dalle estremità del canale e la cui superficie orizzontale elevasi dal fondo circa la mezza altezza della profondità dell'acqua, una tale onda solitaria spinge *en avant* i piccoli corpi sparsi sopra la superficie del risalto, *sans revenir sur leur pas*, come accade in un' onda solitaria qualunque.

30. * — Dopo pubblicato questo mio breve sunto sull' esperienze del chiarissimo marchese Anatolio Hüe de Caligny, ha egli avuto la squisita gentilezza di tornare sull' argomento. Le delucidazioni a me favorite e li ulteriori suoi esperimenti credo pregio dell'opera riprodurre per intero, e però il lettore è pregato di ricorrere all' Appendice, non potendo essi far parte di questo ristretto quadro della scuola francese. Mi è solo qui per-

messo, e con sommo piacere ne profitto, di rendere pubblico tributo di grazie a questo infaticabile e benemerito scopritore d' importanti leggi nei fluidi e nella meccanica, per i lumi fornitimi con la istruttiva sua epistolare corrispondenza, da oltre un anno fra noi aperta, e con altri non meno efficaci modi che la modestia di lui mi fa un dovere di tacere. —

31. * Il Keller presentò all'accademia delle scienze di Parigi un' opera ricca, secondo il Rapporto dei commissari nominati ad esaminarla, di *nombreuses recherches*, e di *considérations très-etendues relatives à l'action des vagues, des ondes et des courants sur le fond de la mer*; ma essa, per quanto è a mia notizia, non è ancora pubblicata. Il Rapporto è del 1847.

32. * In questa opera, le onde liquide prodotte dal vento *jouent un gran rôle*, e però egli ha cercato di spiegarne la generazione. Secondo lui, il vento si comporrebbe di onde atmosferiche, *dont les condensations et les dilatations se traduiraient* in pressioni e non-pressioni sulla superficie dell'acqua *et y dessineraient les ondes liquides*. L'aria essendo un corpo elastico, l'azione di una corrente liquida su questo corpo sarebbe analoga a quella *d'un archet sur une corde ou une lame élastique*, e vi determinerebbe delle vibrazioni *muettes formées de condensations et de dilatations alternatives*. E, nello stesso modo che una corda tesa vibra ancora quando si frega sopra un archetto fisso, *de même l'elasticité de l'air serait encore en jeu, et produirait des ondes muettes, lorque l'air se déplace sur la surface relativement fixe des eaux*. In questo sistema, dice il Keller, le grandi onde preesisterebbero, come le piccole, nell'atmosfera, *et les apparitions tardives sur la surface des eaux proviendraient du nombre d' impulsions nécéssaires pour faire acquérir* alle onde liquide una certa amplitudine di oscillazione.

* Nel Rapporto di sopra citato sono accennati alcuni fenomeni delle onde dal Keller spiegati, ed io ne farò uso nel corso del presente mio lavoro.

33. Laurent ancora ammette *un mouvement de trasport* nella direzione della propagazione. Riconosce che le onde liquide *irregolari*, così da lui chiamate per distinguerle da quelle dovute alla caduta di un corpo grave, sono prodotte dalle interferenze (*interférences*) di una infinità di ondulazioni prove-

nienti da centri di scotimenti parziali creati dall'azione del vento alla superficie del mare.

34. * Il Bourgois ci dice che: « Si sa che *les lames* non sono altra cosa che una serie di ondulazioni del liquido, le cui molecole oscillano verticalmente, senza prendere, *la plupart*, le velocità orizzontali che si sarebbe disposti ad attribuir loro osservando il movimento generale di queste ondulazioni. *Leur crête seul*, offerendo presa allo sforzo del vento, *est chassée par lui dans le sens de sa direction*. Essa costituisce allora una massa *animée d'une certaine vitesse . . . . horizontale de molécules liquides* sulla cima dei marosi. »

35. * Bazin, secondo il Rapporto dei commissarî dell'accademia delle scienze di Parigi, « nella seconda parte delle sue ricerche sperimentali sull' idraulica, *aborde la question si difficile et encore si peu approfondie* dei movimenti ondulatori che si producono nei liquidi.

* « In un oggetto sì vasto, e che racchiude delle questioni di un ordine cotanto elevato, egli, il Bazin, *a dû restreindre son point de vue*; i suoi studi *ont porté seulement sur un cas relativement simple*, quello delle onde isolate propagantesi in un canale rettilineo, la di cui acqua è stagnante o defluisce con velocità uniforme, *soit dans le sens où la vague se propage, soit dans le sens opposé.*

* « In questi due primi casi, l'onda ha delle ristrette dimensioni di lunghezza: *elle est produite par l' injection subite et de courte durée d'une masse d'eau dans le canal.*

* « Se al contrario l' iniezione dura un tempo considerabile, l' onda prenderà in lunghezza delle dimensioni molto più grandi, le quali saranno in proporzione della durata dell'iniezione; *l' intumescence ainsi produite prend le nom de remous, elle a l'apparence d'une tranche d'eau qui s'avancerait en glissant sur la surface du canal.* »

* E qui i Commissarî passano a parlare del regurgito.

36. * Si veda nell'Appendice quel che accenna il de Caligny intorno a queste esperienze del Bazin.

37. In Francia, meno poche eccezioni, la scuola degli ingegneri de' ponti e strade segue di preferenza la dottrina di Virla; quella degli ingegneri idrografici e l' altra del genio militare

antepongono la teoría di Emy; e questa stessa teoría è quella adottata dai geografi e dai geologi della scuola di Huot. Questi asserisce, che la dottrina di Emy *rend compte de tous les phénomènes dûs à l'action des ondes.*

38. Il d'Archiac si ferma sulla teoría delle onde di Scott Russell, *parce qu'elle a été invoquée par plusieurs géologues à l'appui de leurs idées sur le transport des blocs erratiques et pour l' explication de quelques autres phénomènes géologiques.*

ARTICOLO TERZO

SCUOLA INGLESE

39. Anche in Inghilterra scorgo disparità di opinione.

Newton, trattando del moto delle onde, non si è direttamente occupato della natura del moto, e della linea descritta dalle molecole nella massa ondeggiante: egli ha avuto solo per oggetto *invenire velocitatem undarum.* In questa ricerca suppone che l'ascensione delle onde, e la discensione alternativa di esse, sono analoghe a quelle dell'acqua nei rami di un sifone e che osservano la stessa legge rapporto al tempo: tiene conto del moto verticale, e non di quello orizzontale, il quale, come osserva Lagrangia, necessariamente vi si deve unire, perchè l'acqua è supposta libera di muoversi in tutti i sensi. Infine l'analogía che suppone, e che non dimostra, è confutata non solo dal Lagrangia; ma benanche dall'Juan, dal Laplace e dal Poisson.

40. Il de la Beche nel solo caso delle onde senza vento conviene, che si possano applicare ad esse le teorie di Bremontier, di Emy, e di altri autori, i quali ammettono nelle molecole dell'acqua una successione di moti verticali o ellittici. Ma quando regna il vento, e specialmente violento, ei ritiene che i flutti si compongono di ondulazioni o vibrazioni, e d' impulsione nell' acqua superficiale spinta in avanti dall' attrito della massa dell'aria, che si muove al di sopra.

41. Egli crede, che le correnti abbiano un'efficacia di trasporto molto inferiore a quella de' flutti; ed ammette che l'azione di questi a 90 piedi (metri 27, 42) di profondità, ha potenza

di portare i detriti sino alla superficie, specialmente quando la tempesta dura da più ore.

42. Il Lyell riconosce moto di trasporto nelle onde, e dà ad esse azione capace di muovere e spostare grandi banchi: crede non ostante prevalente all'azione de' flutti l'azione di trasporto delle correnti, e ciò anche presso i lidi. Alla nota corrente littorale del Mediterraneo egli appropria la *rapida distruzione di più luoghi della costa d'Africa*; le dà potenza di *usurpare nel delta del Nilo*, e ad essa *attribuisce la causa del rapido accrescimento della terra ferma sopra i diversi punti della costa della Siria, ove nessun fiume si scarica.*

43. * Secondo questo autore « l'agitazione prodotta dalle onde, *anche nelle tempeste*, non si estende che a profondità molto piccola. Tuttavia, egli avverte, questa regola soffre qualche eccezione; ed alcune impronte dell'azione delle onde sono state recentemente osservate ad una profondità di 18 a 20 metri.»

44. Lo Scott Russell dice: « Ogni moto ondulatorio è composto di due elementi distinti; cioè la figura dell'onda che si avanza, ed il movimento delle molecole. Il moto di ciascuna particella si sviluppa in una ellissi, giacente totalmente nel piano verticale: cosicchè dopo il momentaneo disturbo, durante il passaggio dell'onda, la particella ritorna al suo posto. »

45. La sua *onda di traslazione di prim' ordine*, sarebbe creata dall' istantaneo sollevamento di una estesa superficie solida dal fondo del mare; questa, a mio avviso, è quella adottata dai geologi, a cui allude il d' Archiac (38). Ed il Russell medesimo nota che i corpi mossi nel fondo del mare non sono rotolati in avanti ed in addietro, come lo sarebbero da un'onda ordinaria della superficie, ma ch'essi hanno moto continuo in avanti durante tutto il passaggio della lunghezza dell'onda.

46. Quest'autore deduce la sua teoría da molte esperienze; e G. Rennie parlando di esse così si esprime: « Io non ho potuto intendere gli esperimenti di S. Russell (*I have not been able to understand the experiments of Mr. Scott Russell*); essi sono così numerosi (*numerous*) ch' è difficile dedurne una conclusione. »

47. * D'altra parte J. Rennie nella sua grande opera intorno

ai porti antichi e moderni, dopo di aver additate le fonti che più delle altre egli crede migliori per attingere notizie sugli effetti delle maree, dei venti e delle correnti, termina: « Il trattato di Scott Russell sulle onde è una preziosa aggiunta a questo argomento (*Mr. Scott Russell's treatise on Waves is a valuable addition to this subiect*) ».

48. Murchison e i suoi collaboratori, Hopkins e W. Whewell sono anche essi col Russell per ispiegare le idee loro sopra il trasporto de'massi erratici, o trovanti; ed altri ancora seguono nella sostanza la dottrina di lui, come vedremo appresso.

* — Sento il dovere di non lasciar passare questa occasione senza che io dia un segno di riconoscenza all' illustre Sir Roderick Impey Murchison, Presidente della generale direzione geologica di Londra, per essersi compiaciuto di scrivere un sunto della prima edizione di questo mio libro, di averlo pubblicato nell' *Indirizzo alla reale società geografica di Londra* (1858), e di avervi aggiunto espressioni tanto per me onorevoli. —

49. * Il ripetuto Russell avverte che fino ad ora sotto il vago concetto e la generale designazione di *moti ondosi*, si sono confuse le diverse classi di onde. La tavola che segue è offerta da lui come una prima approssimazione verso un ordinamento dei fenomeni del moto dell'onda.

* « Questa tavola comprende, egli dice, tutte le onde che io ho investigate, e le distingue a sufficienza le une dalle altre.

* « Io trovo che le onde di acqua possono essere distribuite in quattr' ordini. *L' onda di traslazione* è l' onda del *primo ordine*, e consiste in un moto di traslazione della intera massa del fluido da un luogo ad un altro, ad un altro in cui finalmente riposa; il suo aspetto si è una solitaria elevazione od un solitario cavo o cavità (*a solitary elevation or solitary hollow or cavity*), moventesi lungo la superficie con velocità *uniforme*, e da ciò presenta due specie, *positiva e negativa*, e ciascuna di queste può trovarsi in condizione di moto *libero*, o modificato sia nella forma che nella velocità dalla continua interferenza di una *forza* della stessa natura di quella, da cui ebbe derivazione la sua genesi. *L'onda del secondo ordine* è in parte positiva ed in parte negativa, *ciascuna altezza*

avendo un cavo compagno (*a companion hollow*), e questa costituisce l'ordine il più comune dell'onda d'acqua visibile, essendo simile alle ordinarie onde di vento (*wind waves*), in cui la superficie dell'acqua visibilmente *oscilla* sopra e sotto il livello di riposo; queste onde si presentano in *gruppi*; in alcuni casi, come in acqua corrente, possono essere elevazioni e depressioni invariabili (*standing*), ed in altri *progressive* lunghesso la superficie, e come le onde di primo ordine possono rimanere alterate sia nella forma che nella velocità dalla presenza di una forza disturbatrice in modo da differire dai fenomeni di quelle quando trovansi in stato di perfetta libertà (*of perfect freedom*). La *terza classe* si presenta sotto tali condizioni che agitino il fluido solo a piccolissima profondità, e sono determinate dalle stesse forze che in idrostatica producono i fenomeni dell'*attrazione capillare*; ed il *quarto ordine* è quell'onda insensibile alla vista, che comunica il disturbo prodotto da un corpo sonoro a traverso la massa del fluido, e che è ad un tempo il principio ed il risultamento delle forze molecolari che determinano la elasticità del fluido (*which conveys the disturbance produced by a sonorous body through a mass of the fluid, and which is at once an index and a result of the molecular forces which determine the elasticity of the fluid*). »

50. * Quest'ordinamento è quello adottato da lui in tutta l'opera: ed ecco la tavola, che ne forma il riassunto.

SISTEMA DI ONDE DI ACQUE.

ORDINI	PRIMO	SECONDO	TERZO	QUARTO
Designazione	Onda di traslazione	Onde oscillatorie.	Onde capillari.	Onda corpuscolare
Caratteri . .	Solitaria	Gregaria	Gregaria . . .	Solitaria.
Specie . . .	Positiva	Stazionaria	Libera.	
	Negativa	Progressiva	Forzata.	
Varietà . . .	Libera	Libera.		
	Forzata . . .	Forzata.		
Esempi . . .	L'onda di resistenza	Increspamento di corrente	Onde dentate.	Onda sonora di acqua (*Water-sound Wave*; ed altrove *Sound wave of water*).
	L'onda marea . .	Onde di vento. . . .	Onde di zeffiro.	
	L'onda sonora . .	Ondeggiamento oceanico.	. . . . .	

51. W. T. Denison esclude sempre il moto orizzontale di massa nelle onde intere. Secondo lui, « l' onda si muove con una certa velocità, ma l'acqua no (*the wave is moving with a certain velocity , but the water is not*) ; le molecole della superficie si muovono nel verso in che il vento le spinge (*are moving where the wind is acting upon them*) , ma l'onda per sè stessa è una mera ondulazione : è un puro moto di su e giù delle molecole. Una molecola pochi piedi sotto la superficie dell'acqua può conservare la sua posizione (*might keep its position*) per ciò che concerne il moto impartitole dall' onda , sino alla fine. Con vento molto forte (*in a gale*) l' onda solleva il bastimento, e segue innanzi senza trasportarlo seco: il bastimento ha un piccolo moto di decaduta a sottovento (*a drifting to leeward*), ma questo è prodotto dall'azione del vento sullo scafo e sull' alberatura. »

52. Rispetto alla natura della linea descritta dal moto delle molecole dell'acqua nella massa ondulante, crede più probabile degli altri il moto circolare od ellittico. Non conviene nei flutti del fondo di Emy , e dice che con gran giustizia (*with great justice*) è stata contraddetta questa teoría.

Asserisce non sapersi sino a qual profondità (*we are ignorant to what dept*) si estenda l'azione delle onde: nulladimeno ammette in esse una qualche azione meccanica sul fondo : « ma se un masso è posto sul fondo del mare , si avrà la stessa forza in ambi i lati (*the same force on both sides*); non vi sarà nulla che possa creare corrente »: il masso resterà immobile.

53. Di tutti gli effetti distruttori del moto ondoso, ne accagiona l' onda franta. Questa agisce con forza enorme (*enormous power*) dovuta al peso della massa dell'acqua moltiplicato per la velocità con cui essa si muove.

54. Poco o nulla fa conto dell'azione delle correnti-maree sul fondo del mare , anche quando alla superficie hanno una velocità di quattro miglia l'ora.

55. J. Washington tende a credere , che le onde in alto mare non abbiano verun moto progressivo, nè producano alcun urto; le sole onde frante, ch' ei chiama di traslazione , hanno moto progressivo e percussivo.

56. Il movimento ai materiali lungo i lidi è interamente

impresso da queste onde: la corrente di marea, anche nella sua massima forza (*even in its greatest strength*), non esercita influenza sopra di essi.

57. * Egli ha di più avvertito che il mare ha potenza di muovere verso la terra i ciottoli, o roccie schistose (*shingles*), in profondità maggiori di otto *fathoms* (m. 15).

58. Il citato G. Rennie pone per massima, *che ogni cosa viene al lido* (*that everything comes on shore*): egli accenna essere stato paragonato il moto e gli effetti dell'onda a quelli di una corda o catena tenuta nelle estremità da due persone : se uno agita la corda, si forma lungh'essa una serie di ondulazioni, e queste danno all' altro un urto nel braccio che sarà più fortemente sentito quanto è maggiore la causa del moto.

59. Egli si accorda con Emy sulla formazione e sugli effetti de' flutti del fondo nell' Oceano, ma per circostanze locali (*local circumstances*) crede che nel Mediterraneo non esistano flutti del fondo.

60. G. B. Airy non ammette moto in avanti di massa nelle onde (*there is no onward motion in the whole mass*): per lui, solo quando si frangono, agiscono con percussione a similitudine dell'ariete idraulico, e non per l'ordinaria pressione idrostatica (*not by the ordinary hydrostatic pressure*). Egli afferma che nelle acque profonde i moti delle molecole sono oscillatori, che l'elevarsi e l'abbassarsi della superficie del mare dipende da moti orizzontali, i quali hanno luogo alternativamente in direzioni uguali e contrarie, e che questi spostamenti sono rappresentati da una funzione periodica del seno o coseno di un angolo dipendente dal tempo.

61. Relativamente al punto ove giunge l' agitazione delle onde sotto il pelo ordinario del mare, così si esprime : « Nelle onde di non molta lunghezza, il moto diminuisce, a misura che queste discendono, con un grado di rapidità che nessuno immaginerebbe a prima giunta. Eccone la legge matematica : supponete un'onda di dieci piedi (3^{m},04) di lunghezza da culmine a culmine (e lo stesso può dirsi di qualunque onda, tranne quelle di lunghezza enorme siccome un'onda marea, *except one of very great lenght, like a tidal wave*); se si discende dieci piedi sotto la superficie, l'agitazione dell'acqua

è minore di $^1/_{500}$ parte di quello sia alla superficie; e se si discende altri dieci piedi, cotesta agitazione trovasi diminuita cinquecento volte di più, e ciò procede con progressione geometrica. »

62. Egli ammette tuttavía che quando le onde sono lunghissime (*the waves are very long*) producono sensibile agitazione nelle pietre e nelle arene del fondo (*stones and sand at the bottom*), anche alla profondità di 500 piedi (162^m) (*to the depth of* 500 *feet*), e passando sopra un banco ove siavi quest'altezza di acqua, si frangono (*break*).

63. Trovo che il ripetuto G. Rennie accenna di credere, che la teoría di Airy appartenga a quelle da scrittojo (*the theory of a closet*): quindi la censura, e preferisce di seguire « le teorie e le opinioni di uomini pratici, i quali hanno osservato la natura da per sè stessi. »

64. Alan Stevenson sostiene, colla più intima convinzione, che le onde non hannò moto puramente verticale od oscillatorio, e che non agiscono per sola pressione statica; ma ritiene per fermo ch'esse o col vento o senza, o grandi o piccole, o intere o frante, o in alto mare o presso il lido, *tutte*, eccettuata la grande onda marea, hanno moto in avanti, cioè di reale trasporto (*all waves, except the great tide-wave, have an onward motion*).

65. Nell'azione delle onde non ammette differenza essenziale (*material difference*) fra le onde frante o quelle che sono per frangersi, e l'onda intera; e se avvi differenza di forza percussiva in questi due casi, afferma più potente l'onda intera, perché non ha incontrato ostacolo (*which has not encountered an obstacle*), e quindi più di quelle, questa agisce a similitudine dell' ariete (*ram-like power*).

66. Inoltre, lo stesso autore, si dichiara persuaso, che un bastimento (senza altra causa di moto) è sempre trasportato dalle onde, e solo per mancanza di attrito (*for want of friction*), non essendo abbastanza rattenuto (*sufficiently bound*) alla superficie delle onde, non è trasportato colla stessa velocità di esse. Esclude che questo moto di trasporto possa essere l'effetto dell'urto delle onde per lo elevarsi ed abbassarsi del mare, non potendosi persuadere che, se ciascuna molecola

dell'acqua si movesse soltanto in un piano verticale, un corpo galleggiante alla superficie possa muoversi in direzione orizzontale.

67. « Se il vento, egli conclude, se il vento agisce, come spesso avviene, obliquamente al piano dell'acqua, deve, come a me pare, produrre un movimento in avanti nell'acqua stessa, appunto come produce un moto in avanti in un mucchio di fieno (*haystack*), in un bastimento, in un pallone: tutto a gradi differenti secondo la resistenza che incontra (*all in different degrees, according to the resistance to be encountered*). »

68. A. J. Robertson, già altra volta occupato dalla *teoria delle onde*, dopo lo scritto di Earnshaw sullo stesso argomento, ha rifuso il suo lavoro e si dichiara obbligato a detto scritto.

Egli, prendendo i risultati dedotti da S. Russell nelle sue esperienze come base delle proprie indagini, stabilisce: 1.° che il moto orizzontale prodotto dal passaggio di un' onda, è lo stesso in ciascuna molecola di ogni colonna verticale (*in every particle of any vertical column is the same*): 2.° che la velocità di propagazione è uniforme (*the velocity of transmission is uniform*).

Con questi principî conclude presentando la formola seguente che esprime il valore delle velocità di propagazione dell'onda.

$$c = \left(h \pm 2k\right)\sqrt{\frac{g}{h \pm k}} \ ;$$

in cui c è la velocità di propagazione; h la profondità; $2k$ l'altezza dell'onda positiva e la profondità della negativa, e g la forza acceleratrice di gravità. Quindi è chiaro che in un medesimo alveo la velocità è maggiore per un' onda positiva che per una negativa. Secondo lui le onde positive e negative sono fenomeni della medesima classe (*of the same class*) e non differenti, come sostengono Russell ed Earnshaw.

Considera egli poi il moto orizzontale di ogni molecola prodotto dal passaggio dell' onda, ed è per lui provato che la velocità di ciascuna molecola viene dimostrata dall'equazione

$$u = \pm c \frac{2k}{h \pm 2k} \operatorname{sen}^2 q(ct - x) \ ,$$

in cui

$$q = \frac{1}{c}\sqrt{\left(\frac{g}{2(h \pm k)} \cdot \frac{h \pm 2k}{h}\right)}.$$

Al culmine dell'onda si avrà

$$\pm c\frac{2k}{h \pm 2k};$$

e quando l'altezza dell'onde è uguale alla profondità dell'acqua, la velocità è $\frac{c}{2}$, o la metà della velocità dell'onda stessa.

Osserva egli inoltre che al principio ed alla fine del moto la direzione delle molecole è verticale; sotto il culmine dell'onda è orizzontale (*under the crest of the wave it is horizontal*), e che l'orbita descritta presenta una figura ovale, ma non evidentemente ellittica.

69. * Il Bankine si è proposto la ricerca della *precisa figura delle onde vicino alla superficie di una profonda massa di acqua*; ed ecco come egli esordisce nel suo lavoro.

* « Le ricerche dell'astronomo reale e di alcuni altri matematici sulle onde parallele a cresta eretta (*on straightcrested parallel waves*) in un liquido, si basano sulla supposizione che gli spostamenti delle molecole del liquido sono piccoli paragonati alla lunghezza di un' onda. Dal che si è molto generalmente inferito, che i risultati di quelle ricerche sono soltanto approssimativi, quando si applicano alle onde in cui gli spostamenti, paragonati alla detta lunghezza, sono considerevoli.

* « Nel presente lavoro io mi propongo di provare che uno di quei risultamenti (cioè che in acque molto profonde le molecole si muovano con velocità angolare ed uniforme in circoli verticali, *with a uniform angular velocity in vertical circles*, i di cui raggi diminuiscono in progressione geometrica dell'accresciuta profondità, e conseguentemente che la superficie di egual pressione, inclusive la superiore superficie, sono trocoidi) è esatto per tutti gli spostamenti per quanto grandi essi siano.

* « Io credo che la figura trocoide delle onde sia stata

per la prima volta esplicitamente annunciata dal signor Scott Russell, ma fin qui, per quanto io mi sappia, non è stata pubblicata alcuna dimostrazione di essa in modo da soddisfare con esattezza alle condizioni della questione. »

70. * Egli rammenta che fin dal 1858, in un Manuale di meccanica applicata, aveva accennato che la teoría delle onde *ravvolgentisi* (*rolling waves*) poteva esser dedotta dalla teoría delle diverse posizioni che prende la superficie di una massa di acqua che si ravvolge attorno un asse orizzontale sopra un piano verticale (*the position assumed by the surface of a mass of water revolving in a vertical plane about a horizontal axis*). Ma siccome le investigazioni sulle quali basava un tal argomento, erano estranee al soggetto del libro, così non le rese allora di pubblica ragione. Ciò premesso, passa alla dimostrazione analitica delle sue proposizioni.

71. * Credo che egli abbia fatto seguito al lavoro che io ho sott' occhio , giacché nel meritamente accreditato giornale scientifico *Les Mondes* leggo quanto appresso :

« *Sur les proprietés de certaines lignes de flot*, par M. le prof. Bankine.

* « Queste nuove ricerche si dividono in tre parti. La prima *est relative à certaines lignes de flot* molto importanti , applicabili *à la direction des arrières de navires* e si avvicinano a quelle introdotte coll'istesso scopo dallo Scott Russell. Esse dimostrano ancora che per l' azione *de certaines pressions* sulla superficie dell'acqua , *les vagues voyagent, mais viennent se briser dès que les cimes de leurs crêtes se rencontrent à angle droit.* La seconda parte è relativa alle lissenoidi, nome che l' autore dà alle linee *de flot* le più complete *qu'affectent les courans*, quantunque non produchino perciò *un trouble marqué* nell'acqua. Egli risolve il problema *à trois dimensions*, nel mentre che esso non è risoluto che *à deux dimensions* nella Memoria precedente. *La* 3.*e partie traite des surfaces de révolution des lignes de flot.* »

72. * I Commissari sig. J. Hope (L. S.) Presidente , J. M. Frederic Smith (L. S.), W. S. Lindsay (L. S.), John Washington (L. S.), B. J. Sulivan (L. S.), James Vetch (L. S.), Jno. Coode (L. S), destinati a completare la inchiesta nei termini

raccomandati nel Rapporto del Comitato scelto nella Camera dei Comuni nel 1858 sui *Porti di rifugio* per la costa dell' Inghilterra, sotto la data del 15 aprile 1859 inviavano alla maestà della Regina, il risultamento del loro lavoro; e da questo, intorno alla teoría delle onde, io estraggo quanto appresso.

* « Avendo procurato di esporre il più concisamente possibile, i principali argomenti presentati in sostegno di ambo i sistemi dai loro rispettivi difensori (si allude ai sistemi di costruzione dei moli, cioè a muro verticale sul letto del mare, o a muro sopra scogliera di lunga scarpata), noi dichiariamo che le nostre vedute, per ciò che riguarda la parte teorica della questione, sono d'accordo colla opinione di quelli i quali, come la maggioranza della Commissione del 1846, approvano il muro verticale. Noi basiamo le nostre opinioni sopra la conclusione in oggi generalmente ammessa che, anche nelle più forti rabbie di vento (*even in the heaviest gales*), l'effetto disturbatore dell' onda non è che leggerissimo a profondità comparativamente piccole sotto la superficie, e che il carattere dell'onda in acqua profonda è essenzialmente differente da quello che assume quand'essa è modificata dal confricamento che riceve dal fondo in acqua bassa (*when influenced by the friction which arises from the ground in shallow water*).

73. * « Una importante opera sul soggetto delle onde di M.r J. Scott Russell, notano i Commissari, si troverà nel Rapporto dell' Associazione britannica per l'avanzamento della scienza, nell'anno 1844. Fra gli altri risultamenti, a cui si è giunti per gli accurati esperimenti ed osservazioni di quel signore, si ebbe che in acqua comparativamente profonda le onde sono formate da un movimento (*the waves are formed by a movement*), il quale è poco più di un sollevarsi ed abbassarsi delle molecole vicine alla superficie la quale *oscilla sopra e sotto il livello di riposo* (*oscillates above and below the level of repose*): queste sono qualificate come *onde oscillanti* (*oscillating waves*); mentre nei bassi fondi il moto è in avanti e progressivo (*the motion is onward and progressive*) consistente in *una traslazione di tutta la massa fluida da un posto all'altro*; le onde in questo caso sono chiamate *onde di traslazione* (*waves of translation*). Una importante legge

dedotta da queste osservazioni è, che a misura che le onde si approssimano alla spiaggia, esse cominciano a rompersi ogni volta che raggiungono un punto dove la loro altezza divenga eguale, all' incirca, alla profondità dell'acqua in cui esse si muovono.

* « Il Rapporto stabilisce, « che ad una gran distanza dal lido, o dove le sponde sono profonde ed a picco, un corpo galleggiante vicino alla superficie è alternativamente sospinto avanti e indietro dalle onde, e l' acqua non ha influenza ad una grande profondità; mentre più vicino alla riva l' intera azione dell'onda è progressiva e la forza si estende al fondo dell'acqua (*whereas nearer the shore the whole action of the wave is inward, and the force extends to the bottom of the water*). »

74. * « Essendo questi risultamenti in accordo con l'esperienze generali, può esser ben fatto notare che l' altezza ed il carattere dell'onda e la profondità dell'acqua nella quale essa si spezzerà, sono grandemente alterati dall'esistenza di una corrente o di un corso d' acqua (*of a current or stream*), sia di marea o altrimenti. L'esperienza e l'osservazione hanno dimostrato, che nei casi in cui avvi una corrente o corso di acqua che si muove inversamente alla direzione in cui le onde si propagano, la loro altezza e forza sono grandemente accresciute oltre a ciò che sarebbero state se tal corrente non fosse esistita; mentre nel caso di una corrente che si muove nella stessa direzione della propagazione delle onde, la loro altezza e forza sono diminuite. Il carattere delle onde e le profondità alle quali esse si romperanno saranno altresì modificate da qualunque cambiamento improvviso od importante nella profondità dell'acqua (*by any sudden or material changes in the depth of water*), o nella forma delle sponde o nel letto di una baja o canale, nel quale esse sieno in movimento.

75. * « Quelli che hanno osservato le onde sulla costa nel Canale inglese o nell'Oceano germanico, continuano i Commissari, le hanno descritte tali da raggiungere altezze differenti, ma si è generalmente d' accordo sul risultato che l' altezza oscilli fra i dodici e i quindici piedi (3,^{m} 66 a 4,^{m} 56) nei forti soffi di vento (*in heavy gales of wind*).

76. * « L'osservazione, terminano i ripetuti Commissari, ha

mostrato altresì che, come regola generale, le onde nei venti freschi (*heavy gales*) sulla spiaggia cominciano ad assumere un carattere spezzato, e ad acquistare gran forza (*and to attain great force*) nel raggiungere quei punti dove la profondità dell'acqua diventa di circa due o tre *fathoms* (3,^{m}7 o 5,^{m}5), la quale profondità sarebbe all' incirca l' altezza delle onde in tali soffi di vento, confermando così le conclusioni a cui si è giunti per le osservazioni ed esperimenti già riferiti ».

77. * Michele Scott ci dice :

* « Vi sono due specie di onde ; una lunga , bassa, ma profonda (*but extending deep*) che è l'onda di traslazione, ossia l'onda del primo ordine; l'altra specie, corta, alta e superficiale, essendo l'onda oscillatoria, ossia l'onda del secondo ordine.

Onda di traslazione.

« 1. Nell'onda di traslazione, tale quale generasi in un canale, la massa dell' acqua sconvolta (*disturbed*) si muove nella stessa direzione dell'onda; il movimento delle molecole aumenta dal nulla alla base dell'onda (*at the commencement of the wave*) fino ad un *maximum* al culmine (*crest*), e diminuisce di nuovo fino a zero al termine dell'onda, ma è uniforme in ogni punto della sua profondità (*but uniform throughout the depth*).

« 2. La velocità dell'onda varia come la radice quadrata della metà della profondità dell'acqua misurata all'incirca (*nearly*) dal culmine (*crest*) dell'onda; e,

« 3. La lunghezza dell'onda, varia come la profondità dell'acqua. Dal che, come varia la velocità, così la lunghezza dell'onda varia come la radice quadrata della profondità (*Hence as the velocity varies as the square root of the depth*).

« 4. Il periodo di un'onda, ossia il tempo che essa impiega a percorrere la sua lunghezza, varia ancora come la radice quadrata della profondità.

« 5. Per una data altezza di onda la velocità delle molecole è inversa alla velocità dell' onda , poiché in acqua profonda le molecole si muovono più lentamente (*move a shorter distance*), ed hanno più tempo per eseguire questo moto (*and have more time to do it in*).

« 6. L' ondeggiamento (*ground-swell*) che urta nel fondo agisce tanto nel fondo stesso quanto alla sommità, ed è quasi

limitato ai corpi che possono esser mossi verso la spiaggia (*and is almost limited to moving bodies towards shore*), avendo poca o nessuna azione in dietro, tranne quando l'acqua si frange (*having little, or no, back action, except when the water breaks*). Questa è probabilmente la causa che trasporta in avanti i bastimenti durante la calma nella direzione dell'ondeggiamento istesso. (*This is, probably, the cause of vessels forging ahead, during a calm, with the swell*).

78. *Onda di oscillazione.*

« 1. Nelle onde prodotte dal vento il moto delle molecole non è uniforme in ogni punto della profondità, essendo massimo alla sommità, e diminuendo rapidamente sotto la superficie quanto più si approfonda.

« 2. La profondità cui si estende l'agitazione dell'onda, è nella ragione dell'altezza e lunghezza congiuntamente. Così un' onda alta 10 piedi e lunga 32 agiterebbe soltanto l' acqua in sei pollici, ad una profondità di dieci piedi sotto il fondo dell'onda. (*Thus, a wave* 10 *feet high and* 32 *feet long would only agitate water* 6 *inches, at a dept of* 10 *feet below the bottom of the wave*). Se l'onda fosse lunga cento piedi ed alta come sopra, produrebbe moto in diciotto pollici alla stessa profondità.

« 3. Il moto delle molecole alla sommità è nella stessa direzione dell'onda, nel cavo è nella direzione opposta.

« 4. Quando le onde si avanzano sopra un piano inclinato la oscillazione verticale è convertita in moto parallelo allo stesso piano inclinato.

« 5. Le onde d'inciampo (*surf waves*) sono massime quando la profondità dell' acqua diminuisce subitamente, ma quando questa scema gradatamente, è più sentita la influenza ritardatrice dell' attrito (*the retarding influence of friction is more felt*).

« 6. Quando la profondità dell'acqua diminuisce, l'onda s'innalza, aumenta d' altezza, si altera nel profilo, il dorso si allunga, la massa dell'acqua è spinta (*is thrown*) nella parte anteriore dell'onda, ed è impartito un moto progressivo.

« 7. Quando l'onda incontra una barriera verticale in acqua profonda (che superi di molto il livello massimo ordinario del mare), s' innalza fino a due volte la sua altezza, ed è riper-

cossa camminando indietro con la stessa velocità ; — se onde uguali s' incontrano, segue lo stesso effetto (*if equal waves meet, the same effect follows*) come se vi fosse una divisione verticale fra di esse, ed accade una oscillazione senza progresso (*and an oscillation is produced without progress*). Se un'onda incontra una cavità, resta assorbita (*If a wave meets a hollow, it is absorbed*).

« 8. La massima forza che un'onda può esercitare è quando la cresta si frange dentro il cavo di essa onda (*is at the moment when the crest breaks over into the hollow*).

« 9. Quando un corpo in moto urta contro un corpo in riposo e gli comunica moto, il momento dell'intera massa dopo l'urto è lo stesso del momento del corpo impellente. Se la massa però che riceve l'urto è maggiore, la velocità è minore; — se la massa è minore, la velocità è maggiore. Nel primo caso la *vis viva*, od energía, è diminuita — nel secondo è aumentata. Se un'onda in acqua profonda, quando la massa è grande e la velocità delle molecole è piccola, si avanza in acqua poco profonda, la quantità agitata è minore (*the quantity agitated is less*); ma la energía del moto è aumentata. Perciò , *ceteris paribus* , la energía distruggitrice è minore contro un muro verticale che s' innalzi dal fondo, di quello che contro un muro costruito sopra un piano inclinato. Quando la scogliera a scarpa dinanzi il muro (*when the foreshore*) è causa del frangimento di un'onda sul muro, l'effetto distruttore è massimo.

« 10. Le onde, conclude lo Scott, saranno frante da qualunque piano inclinato avente una inclinazione minore di 45°; ma da quest'angolo alla perpendicolare l'onda non sarà franta, a meno che non sia quasi sul momento di frangersi quando raggiunge il piano inclinato. »

79. * Il Fitz Roy , dopo avere accennato ad alcune idee generali su questo importante oggetto del moto ondoso , ecco come egli ragiona sulla formazione e lo svolgimento delle onde.

* « Le onde come si veggono nell'acqua sono talvolta increspamenti leggeri di placido stagno , e talvolta sono masse ondulanti a guisa di colline, alte verticalmente meglio di sessanta piedi (metri 18) (*more than sixty feet in vertical height*), e distanti una dall'altra circa un *furlong* (201 metro).

80. * « Quale è il vero movimento, quale il cambiamento di *posizione* fra le molecole di acqua in ciascuna onda ? L'ondulazione prosiegue più o meno celeremente in proporzione della grandezza dell'onda (la più grande è anche più veloce, *the larger the faster*); ma l'acqua rimane.

81. * « Un corpo galleggiante sopra di essa è principalmente portato su e giù , ma il medesimo va ancora innanzi e torna indietro per una breve distanza , ed il suo movimento segue una curva , ellittica o altra , a seconda delle circostanze dell'onda (*and its motion is in a curve, elliptic or other , according to the circumstances of the wave*) — sia che l' onda incontri ostacolo, sia che libera cammini , piccola o grande che sia, sospinta innanzi da tergo, sia, in fine, che esaurisca l'energia antecedentemente acquistata (*whether resisted or unconfined , small or large , urged on from behind , or expending its* previously *acquired energy*). Quando un'onda di acqua non è impedita nel movimento progressivo delle sue molecole o della sua massa, non avviene infrangimento — le molecole avanzano e si ritirano successivamente ; ma se incontra ostacolo , come per esempio uno scoglio od altro resistente impedimento, subito accade una dispersione per infrangimento , e con effetto proporzionale alla grandezza dell'onda. Immediatamente di poi avvi l' inevitabile retrocedimento, quando tutte le divise e disseminate molecole di acqua sono, per gravitazione, richiamate indietro a quei punti bassi che altrimenti resterebbero vuoti (rispetto al *fluido*), e perciò non equilibrati, se esse non fossero così sospinte innanzi o indietro dal succhio idraulico , o corrente interna (*Immediately afterwards is the inevitable recoil, when all the separated and disseminated particles of water are hurried back, by gravitation, to the places which would otherwise become* vacant (*in respect of* fluid) , *and therefore not equilibrated , if they were not thus drawn in , or* backward , *by* hydraulic *suction, or indraught.*).

82. * « Perché un onda si formi — l'acqua essendo *incompressibile* e non elastica (in termini generali) — vi deve essere un certo reale movimento da luogo a luogo di molecole. Non vi può essere visibile cambiamento di forma senza alterazione della relativa posizione della materia. Quando un'onda che s' in-

nalza viene avanti, essa disturba solo una porzione del fluido sottostante (a profondità *considerabili* le onde non si sentono, *at* considerable *depths waves are not felt*); ma il moto *uniformemente* consecutivo delle molecole sembra essere presso a poco come segue: —

83. * « Le prime molecole mosse sono seguite da quelle che si trovano contigue al disotto, altre all' istante medesimo occupano il posto di quelle, ed altre ancora seguono nello istesso tempo, il cui posto è pure immediatamente riempito dalle molecole anteriori dell' onda che sorge ove la superficie dell'acqua è *cadente* (*The first moved are followed by those next below; others* instantly *take their places, and more follows at the same time, whose places are as immediately filled by particles from* before *the growing wave, where the surface of water is* falling). Così le *prime* molecole (ed altre similmente per immediata successione non interrotta) s' innalzano, prosieguono in avanti, e giungono, sempre elevandosi, sino al *culmine* dell'onda, — da quella discendono — andando sempre innanzi a traverso il rimanente della lunghezza di quest'onda; e così discendendo occupano i posti di altre molecole che sono spinte indietro sotto la contigua onda progrediente, e subentrano nei posti di quelle che in allora s' innalzano (*Thus the* first *particles* (*and others similarly in unbroken instant succession*) *rise, go onward, and, still rising, to the wave* crest, — *thence they descend* — *still going* onward, *through the rest of that wave's length*; *and*, *in so descending*, *occupying the places of other particles*, *which are drawn back*, *under the next* advancing *wave*, *and supply the places of those which are then rising*).

84. * « Così ciascuna particella o molecola si muove per breve distanza verticalmente e circolarmente (*vertically and circuitously*), ma ritorna alla sua antecedente posizione relativa se non è con forza interrotta (*if not forcibly interrupted*); e siccome il suo circuito (*its circuit*) dipende dalla grandezza dell'onda, naturalmente un' onda più grande comunicherà alle sue molecole — o alla loro massa aggregata (*or their mass aggregated*), — una potenza maggiore di un' onda più piccola, quando è spinta contro un ostacolo (come quando si frange sulla

spiaggia), poiché desse hanno maggior *momentum* (di massa moltiplicato per la velocità).

85. * « Sebbene questa spiegazione apparisca semplice, conclude il Fitz Roy, tuttavía lo scrivente invano ne ha ricercata una simile; e però la presenta, nella speranza che possa liberare qualcuno da quella perplessità in cui egli per lungo tempo si è trovato (*Simple as this explanation may now appear, the writer has often looked for such a one in vain, and therefore offers it, in the hope it may save a few others from being perplexed by what too long mystified himself*). »

ARTICOLO QUARTO

SCUOLA SPAGNUOLA

86. Della scuola spagnuola ho G. Juan e F. Ciscàr. La teoría delle onde del primo tende soltanto ad assegnare la velocità e le grandezze di esse per servire di norma nella costruzione de' bastimenti. In questa ricerca premette che « la potenza, che agisce nelle onde, è la gravità dell'onda stessa. Se una parte della superficie del fluido si solleva per qualsivoglia cagione, dopo che essa ha acquistato la sua massima elevazione, la sua gravità la obbliga a discendere, e le fa prendere una disposizione e figura all' ingiù, eguale a quella che aveva presa all' insù, poiché l'azione e la reazione sono eguali, cioè essa forma sotto la superficie del fluido uno sfondato, la cui figura è assolutamente la stessa di quella dell'elevazione ...: la quale figura è una specie di cicloide... » Esprimasi per c la ragione della semicirconferenza al raggio; sia a l'altezza dell'onda dal livello dello sfondato o cavo al suo culmine, e b la metà dell'ampiezza di essa; sarà, secondo lui, $\frac{1}{8}(a+b)^{\frac{1}{2}}c$ l'espressione di tutto il tempo in cui il culmine si abbassi al livello del cavo, si sollevi alla primitiva altezza, e percorra lo spazio b: questo tempo è uguale a quello, in cui un pendolo della lunghezza $\frac{a+b}{2}$ compie una oscillazione. Lo stesso tempo $\frac{1}{8}(a+b)^{\frac{1}{2}}c$, è a un secondo, come la lunghezza o lo spazio b, che l'onda

percorre nel detto tempo, è a $\frac{8b}{(a+b)^{\frac{1}{2}}c}$; spazio che l' onda percorrerà in un secondo, e che indica per conseguenza la sua vera velocità ... La ragione di a a b è varia nelle onde, secondo che vanno aumentando o diminuendo. Le prime sono di tempesta e crescenti, e quelle che la forza del vento fa continuamente aumentare; ed in queste la ragione $\frac{a}{b}$ è maggiore che nelle seconde, le quali sono distese, lunghe e regolari, e continuano dopo che il vento si è diminuito, o è cessato interamente. In queste ultime onde la quantità b può essere molte volte maggiore di a, perchè conservandosi costante b, si diminuisce continuamente a, sino a diventare uguale a zero.

87. Parlando della teoría di Newton, dice, che questi « trascura il valore a; ed in questo caso la velocità dell'onda è $= \frac{8b^{\frac{1}{2}}}{c}$, e segue la ragione delle radici quadrate delle sue ampiezze, come afferma quell' illustre autore. »

88. Egli, il Juan, per l' esperienza che ha degli effetti prodotti dai marosi sopra il corpo di un bastimento, nell' applicare la sua teoría alla pratica della navigazione, cioè ai movimenti di barcollamento e di beccheggio del bastimento, sente la necessità di avvertire, che si devono avere a calcolo le diverse velocità delle onde, e dimostra che « la velocità del colpo di mare può essere tale, che la sua forza sia molto maggiore di quella che può risultare dal suo semplice peso, o dalla semplice pressione, ch' è il solo principio di azione precedentemente considerato. » Ed a questo proposito, accennando alle teoríe dei sommi geometri che lo precedettero, come, per citarne i più celebri, i Bernoulli, i Bouguer, gli Euleri, così si esprime : « Grande e giusta meraviglia dee fare, che per sì lungo tempo, e così generalmente siansi ammessi siffatti errori nello spiegare il barcollare ed il beccheggiare de' bastimenti. Non si sono considerati in questi moti gli effetti delle onde, o dei colpi di mare, e sembra che i calcoli siano stati istituiti per de' mari incantati, e non per quelli che passano per di sopra alle navi, le inondano, e le fanno perire. »

89. De Poterat adotta la dottrina di G. Juan, ma lo Stratico osserva che « la teoría delle onde proposta dall' Juan non è abbastanza fondata, ancorché l'applicazione ch' egli ne fece, sia molto ingegnosa e sottile. »

90. F. Ciscàr, dopo aver descritto l' effetto alternativo *de una presion qualquiera* nell' acqua racchiusa in due tubi riuniti nella base, soggiunge, *esto mismo se puede aplicar para la formacion de las olas*. Avverte però che nei tubi l' acqua non può aver altro movimento che quello verticale, mentre *en la mar no debe suceder así*. Liberi di sé stessi *los fluidos dilatan sus esfuerzos en todas direcciones*.

91. Crede molto facile la creazione delle correnti alla superficie del mare: *por floxo que sea el viento levanta alguna marejada que sigue la direccion del viento, y comunica su movimento à la restante superficie de las aguas*.

ARTICOLO QUINTO

SCUOLA GERMANICA

92. Di Germania, che abbia trattato di proposito ed in modo pratico de' moti del mare, non conosco che il Kant. Questi dice: « Il movimento delle onde è un'agitazione oscillante dell'acqua, un innalzarsi ed abbassarsi scambievole di due colonne di acqua, in cui, se le onde non si rompono e per mezzo di questo si rovesciano, l' acqua non corre più innanzi, talché puossi con qualche esattezza misurare col solcometro (*log*) la celerità di una nave veleggiante. »

93. Egli dà alle correnti un' azione immensa di erosione e di distruzione; quindi attribuisce alle medesime la *forma e la fisonomía che hanno le coste*: e giunge a credere *molto probabile che l' istmo di Panamà finalmente si romperà in causa della corrente generale* (l' atlantica equatoriale). Probabilità esclusa dal Tadini attesoché, salvo altre cause distruggitrici, le acque correnti nello scontro d'un ostacolo convertono in pressione la forza viva, e prendono una direzione parallela all'ostacolo.

94. * Di questa stessa nazione due teorie sul moto ondoso ho trovato notate in Inghilterra ed in Francia: quella del Gerstner e l'altra dei fratelli Weber. Dallo Scott Russell, già citato, tolgo il seguente giudizio su di esse, perchè non ho le opere loro; e avendole, nè meglio, nè quanto il Russell, avrei saputo darne concisa ed esatta analisi.

— * Colgo poi la presente occasione per inviare i miei ringraziamenti a questo esimio ingegnere inglese del dono che, di persona, volle favorirmi delle sue elaborate opere sul moto delle onde. —

95. * « Debbo qui esprimere la favorevole opinione, dice il Russell del primo, che mi sono formato della teoria di un'onda pubblicata dal sig. Franz Gerstner, nel 1804, e nuovamente stampata nell'opera dei fratelli Weber, ai quali vado debitore della cognizione di questa teoria. La teoria di Gerstner è caratterizzata da semplicità di ipotesi, precisione di applicazione, conformità con i fenomeni ed eleganza dei suoi resultati. Non è senza difetti, nullameno io non posso convenire con i Weber, nè con i professori Mollweide e Mobius, nella loro precisa opinione, sebbene io confessi che desidererei che egli, il Gerstner, avesse assunto come una ipotesi la dottrina che nel 14 (*sic*) egli deduce come una conclusione da ipotesi meno saldamente stabilite di essa, a meno che per vero dire non si voglia riguardarla quale un argomento in favore di questa, che lo conduce direttamente ad una conclusione di verità ben nota. Nè trovo io che le sue ipotesi sieno tanto discrepanti colle condizioni delle onde che di presente io ho osservate, quanto appajono ai Weber rispetto ai loro propri sperimenti. I calcoli del sig. Gerstner sono applicati primieramente ad una specie di oscillazione invariabile (*standing oscillation*). Ma non mi sembra che i suoi calcoli debbano essere applicati in alcun modo alle oscillazioni invariabili (*standing oscillations*), che il sig. Weber stima essere la più esatta dimostrazione di esse (*which m. Weber reckons to be their closest representation*). Nella prima parte dell'opera del sig. Gerstner la forma dell' onde è immobile (*is standing*), la oscillazione dell'onda è circolare, il fluido è in moto, e le direzioni delle molecole (*the particle paths*) sono identiche alle linee che indicano la forma dell'onda.

Io concepisco pertanto, che l' onda che egli ha esaminata, e le condizioni della sua genesi, trovino una perfetta rappresentanza nelle mie onde immobili del secondo ordine (*in my standing waves of the second order*), in acqua corrente, che io ho rappresentato nelle tavole IX e X. Da questa ipotesi non è difficile giungere all'onda mobile di acqua stagnante (*at the moving wave of standing water*), poiché se noi concepiamo l' intero canale mosso orizzontalmente in una direzione opposta con velocità uguale alla velocità orizzontale di translazione, le molecole allora saranno relativamente in riposo , le onde cicloidi addiverranno forme moventisi, le direzioni delle molecole, circoli stazionarj, ed il moto di trasporto dell'onda uguale ed opposto al primo medio moto orizzontale di trasporto delle particelle. Insomma addiverranno onde mobili del terzo ordine (*of the third order*) , le comuni onde del mare ». (Credo che si debba leggere del *secondo* ordine).

96. * « Dalle investigazioni del Gerstner, riprende il Russell, otteniamo i seguenti risultati per le onde oscillatorie che corrispondono alle nostre di secondo ordine.

« 1. Le onde della medesima amplitudine sono descritte in tempi uguali indipendentemente dalla loro altezza. — Questo corrisponde con i resultati dei nostri sperimenti — .

« 2. Le onde sono trasmesse con velocità che variano come le radici quadre delle loro amplitudini.

« 3. Le onde sulla superficie sono della forma cicloide, sempre allungate , giammai compresse ; il comune cicloide essendo il limite fra l'onda possibile e l'impossibile, la continua e la franta o rotta.

« 4. Le direzioni delle molecole (*the particle paths*) nelle onde immobili di acqua corrente sono cicloidi, che alla superficie sono identiche alla forma dell' onda , e sotto la superficie hanno lo stesso carattere delle linee dell'onde della superficie , l'altezza delle onde diminuendo solo coll'aumentar la profondità.

« 5. Le direzioni delle molecole delle onde mobili in acqua stagnante sono circoli corrispondenti ai circoli di altezza delle direzioni cicloidali , i diametri di questi circoli di oscillazione verticale diminuiscono in profondità come segue. Che 0 , u ,

2 u, 3 u, ec. sieno profondità crescenti in progressione aritmetica, allora b, $b\varepsilon^{-\frac{u}{a}}$, $b\varepsilon^{-\frac{2u}{a}}$, $b\varepsilon^{-\frac{3u}{a}}$, che decrescono in proporzione geometrica, sono la ragione dei decrescenti diametri di oscillazione verticale. Così se 0, $\frac{1}{2}a$, $\frac{2}{2}a$, $\frac{3}{2}a$ ec. siano le profondità, a, 0,6065 a, 0,3679 a, 0,2231 a, 0,1353 a, sono i raggi (*the ranges*).

« 6. Le forme di queste direzioni ed i circoli di oscillazione sono mostrate nella tavola X, fig. 1, che è stata disegnata con accuratezza geometrica sui dati della teoría di Gerstner, ed è al tempo stesso la più accurata rappresentanza che io posso dare delle mie osservazioni sull'onda del secondo ordine.

« 7. Il periodo di oscillazione dell'onda è $t = \pi\sqrt{\frac{2a}{g}}$.

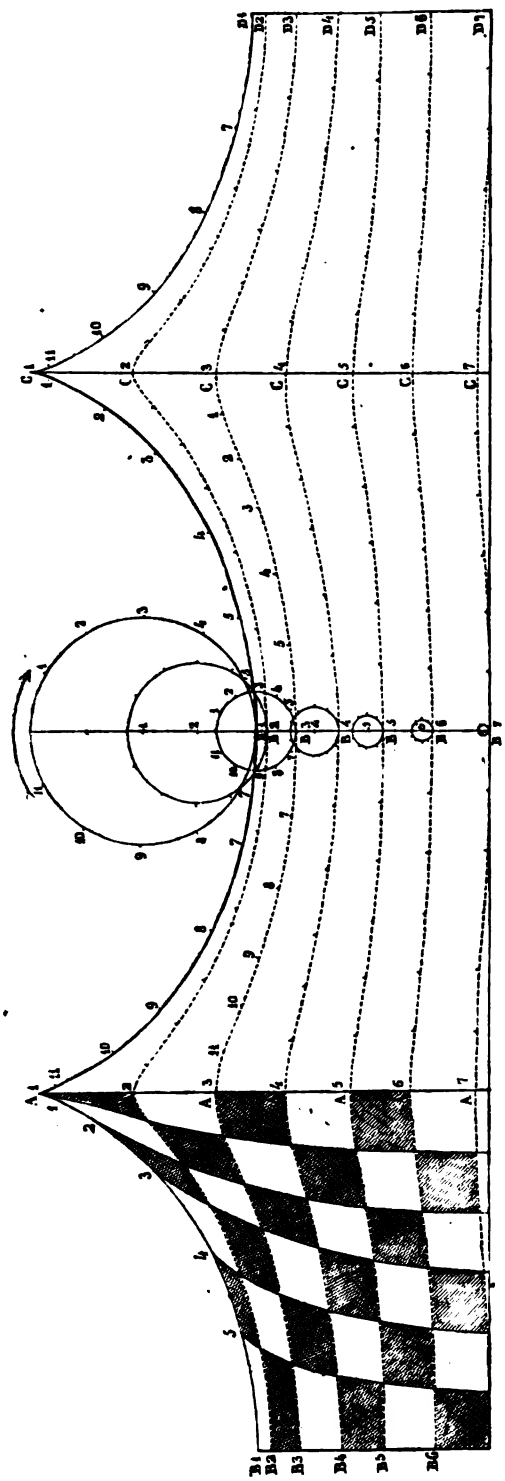
« 8. La velocità di propagazione dell'onda è $v = \sqrt{2ag}$, a essendo il raggio dell'onda cicloidale generatore del circolo.

« 9. Ne segue che la lunghezza di un pendolo isocrono coll' onda è minore della lunghezza dell' onda nella ragione del diametro di un circolo alla sua semi-circonferenza. Newton fece queste uguali. Questi ultimi tre risultati non sono consentanei alle mie osservazioni sulla trasmissione. »

97. * Ecco la fig. prima della tav. X, a cui allude il Russell.

Onde di second' ordine. - Loro meccanismo.

* « Tutte le onde di second'ordine, sieno esse onde immobili (*standing*) in acqua corrente, o sieno onde di traslazione (*travelling*) in acqua stagnante, descrivono le forme delle curve BA BCD (vedi la fig.). Queste sono cicloidi aventi per base la distanza rettilinea AC, e per altezza loro i circoli corrispondenti. Nel caso di onde immobili in acqua corrente, queste cicloidi rappresentano le vere tracce delle singole molecole in acqua in moto scorrevole (*in the running stream*). Nel caso di onde di traslazione in acqua stagnante, i circoli rappresentano le tracce descritte dalle singole molecole di acqua, e le cicloidi la evidente superficie in movimento presentata all'occhio (*the visible moving surface presented to the eye*). Il moto di oscillazione nella metà superiore del circolo è, in acqua corrente, opposto al moto del rivo, ed in acqua stagnante poi è nella



stessa direzione del moto visibile di trasmissione delle onde. La figura mostra la diminuzione rapida del moto di oscillazione colla profondità. Io sono debitore di questa figura al sig. Gerstner, che dalla teoría di lui viene illustrata, ed io l' ho data perché trovo che rappresenta le mie proprie osservazioni tanto correttamente come lo farebbe qualunque figura da me stesso eseguita. Ho soltanto trovato necessario, nel ricostruire essa figura, di chiarirla da alcune leggere disattenzioni. Le parti ombreggiate a sinistra presentano le differenti forme che successivamente assumono porzioni date di acqua durante il moto dell' onda (*during vawe motion*). Le orbite circolari sono divise in parti uguali numerate 1, 2, 3, 4 ec. per mostrare che le molecole dell' acqua

sono in quei punti de' circoli nel medesimo tempo che le corrispondenti molecole sono nei punti 1, 2, 3, 4 ec. delle tracce cicloidi. »

98. * Passo al lavoro dei fratelli Weber, del quale il Russell parlando, si esprime in questa sentenza :

* « Credo giusto in questo luogo di accennare, con quella distinzione che per me meglio si possa, un trattato molto stimabile sulle onde pubblicato quasi venti anni fa (nel 1825) in Lipsia dai fratelli Ernesto H. Weber e Guglielmo Weber. Le solite caratteristiche della industria germanica si veggono in questo lavoro ancor più distinte intorno alla collezione dei materiali; esso contiene quasi tutto ciò che fin qui è stato scritto sulle onde fin dal tempo di Newton, ed è una storia pregevole sulle ricerche dell' onda solo come libro da consultarsi (*and as a book of reference alone is a valuable history of wave research*). A questo compendio dei lavori di altri è aggiunta un'apprezzabile serie di esperimenti dei signori Weber stessi, immaginati con molto ingegno e condotti con grado manifestamente alto di accuratezza, destinati ad illustrare, estendere, contradire o confermare le varie teorie che sono state proposte. Mi è sommamente dispiaciuto che questo eccellente libro non mi sia pervenuto se non dopo molto tempo da che le mie proprie ricerche avevano progredito verso il termine. Ma se esso mi fosse innanzi pervenuto, avrebbe potuto sviarmi dalla serie delle mie ricerche (*But if it had done so, it might have diverted me from my own trains of research*). Come si trova ora il subbietto accade, che i loro ed i miei lavori non si surrogano , nè s' interpongono in verun grado gli uni con gli altri. I nostri respettivi lavori possono invece essere reputati supplementari fra di essi , giacché una gran parte di quello che eglino hanno fatto, io non l'ho intrapreso, e la massima parte di ciò che ho fatto io, non si trova in alcun luogo del loro lavoro. Eglino non erano informati della esistenza della mia grand' onda solitaria di prim' ordine (*of the existence of my great solitary wave of the first order*), e sebbene io possa ora riconoscere la influenza di essa sopra i loro risultamenti , tuttavía per la naturà dell' esperienze loro non era probabile che eglino potessero riconoscerne la esistenza , molto meno esaminarne i fenomeni. I seguenti passi servono a

mostrare che i signori Weber giammai ebbero conoscenza della mia onda solitaria di primo ordine. Essi dicono in *Abschnitt IV. Art.* 87.

* « Le onde ci appariscono come altezze cave sulla superficie del liquido, una parte essendo elevata sopra la superficie di livello, e l'altra affondata sotto di essa; da qui l'altezza può chiamarsi la sommità dell' onda, e la depressione il cavo dell' onda. Queste sommità di onda e queste cavità, giammai vengono isolate, ma sempre connesse le une con le altre. Questa è la ragione per cui noi non chiamiamo la sommità dell' onda per se stessa sola un' onda, nè il cavo dell'onda per se stesso solo un'onda, ma semplicemente le due congiunte. » *Art.* 89. « L'unione delle larghezze di una sommità di onda ed il cavo dell'onda della sua compagna, è chiamata la larghezza di un'onda.» *Art.* 101. « Ma in natura giammai apparisce una sommità di onda non connessa con il cavo di un'onda, nè in simile modo alcun cavo di onda senza la sommità di onda della sua compagna. Da questa ragione segue altresì che giammai noi possiamo avere, durante il moto ondoso, una molecola del fluido mossa innanzi nella via della propagazione dell'onda, senza che immediatamente prima o dopo si abbia altresì un moto contrario (*we can never have, during wave-motion, a particle of the fluid moved forward in its path without immediately before or after having a contrary motion also*); nè in dietro senza che sia altresì rovesciata la sua direzione (*nor backwards, without also its path being reversed*). »

99. * « Le loro osservazioni, continua il Russell, sulla classe più vasta delle onde sono ingegnosamente immaginate, accuratamente osservate e fedelmente riportate, ma perdono molto del valore come base di calcolo e di leggi generali per le seguenti circostanze. Primo, la strettezza del canale ; quello nel quale fu fatto il più gran numero di osservazioni essendo largo soltanto sei pollici e sette linee ; ne derivò una influenza sì grande per l'attrito de' lati, da interporsi seriamente con i fenomeni, i quali non si dovrebbero perciò considerare come fenomeni di fluidi perfettamente liberi: secondo, la brevità dei canali, la quale dà poco valore ai risultati, come misure dei fenomeni; giacché i canali più lunghi avevano soltanto la profondità

di due piedi e solo sei piedi di lunghezza; in questo caso era impossibile una osservazione dell'onda di primo ordine; e quando si aggiunga che la genesi dell'onda fu in generale prodotta dalla discesa di una colonna di acqua di grande altezza, era pure impossibile che, nel breve periodo del transito dell'onda, i fenomeni potessero raggiungere una condizione di uniformità favorevole all'accurata osservazione, essendo l' intero periodo di una osservazione di un secondo e di una frazione di secondo, mentre era necessario per osservare accuratamente almeno un ventesimo di secondo ? ! (*one second and a fraction of a second being the whole period of an observation , and it being necessary to observe accurately to at least one-twentienth of a second*). Nei miei esperimenti trovai che le prime osservazioni immediatamente dopo la genesi dell' onda erano le meno accurate e le meno apprezzabili , e queste sono le sole osservazioni adoperate dai signori Weber nelle loro più grandi osservazioni dell' onda. Inoltre siccome eglino non riconobbero affatto la possibilità dell' esistenza dell' onda solitaria di prim' ordine , né la differenza dei fenomeni di essa dalle onde negative , né la distinzione delle onde in primo e secondo ordine separate , eglino hanno mescolato assieme le osservazioni ed i fenomeni di entrambe. Così essi hanno mancato di riconoscere la esistenza della legge della velocità che io ho portato alla luce (*Thus have they failed to recognise the existence of the law of the velocity which I have elicited*).

* « Tuttavía le loro osservazioni sono molto pregevoli e forniscono rilevanti notizie ad uno già padrone delle mie. Nelle loro stesse deviazioni dalle leggi mostrate colle mie osservazioni, quelle addivengono istruttive, poiché ci manifestano e ci pongono in grado di misurare la somma di quelle influenze che s'interpongono (*the amount of those interfering influences*), e che diminuiscono il valore delle loro esperienze, quando sono prese isolatamente. A questo oggetto io ho tolto alcuni dei loro sperimenti e li ho posti a confronto con i risultati dei miei ; gli effetti dell'attrito ai lati, e della fluidità più o meno perfetta , sono ben manifesti nella differenza dei risultamenti. È però da rammentarsi che ad onta dell'accuratezza e precisione, ed ancora

del merito (*weight*), la brevità di periodo e di traccia nelle loro osservazioni diminuisce il valore (*value*) di esse.

* « Queste considerazioni, che io fo con tutta deferenza, sono destinate ad applicarsi soltanto alle onde della grande classe (*to apply only to the large class of waves*), alle quali principalmente io ho diretto la mia attenzione; le osservazioni sulle onde a goccia (*on dropping waves*), e tutte quelle fatte intorno ai fenomeni della luce e del suono, debbono essere esenti da queste stesse considerazioni. Io desidero che l'esperienze mie possano far risaltare piuttosto che abbassare il valore di quelle dei miei stimabili predecessori, ed io mi auguro con queste esposizioni di far piuttosto un'apologia ad essi per essere giunti a differenti conclusioni, mostrando che i metodi ai quali io per avventura mi fermai, e le circostanze in cui io ho eseguite le mie osservazioni, furono più favorevoli di quelle che essi adoperarono. Io aspiro soltanto ad aver condotto ad una conclusione più favorevole ciò che eglino avevano col più gran merito incominciato sotto circostanze meno propizie; l'essere io arrivato a conclusioni differenti è probabilmente più dovuto al caso della mia ignoranza dei loro metodi quando incominciai, e dell'essermi per avventura fermato sopra metodi migliori; poiché se io avessi conosciuto da prima il loro elegante apparato, non è improbabile che io fossi stato soddisfatto nell' adottare ciò che, con tanto ingegno, fu da essi immaginato, e così avrei mancato di estendere il subbietto al di là delle conclusioni che eglino avevano raggiunto. »

ARTICOLO SESTO

SCUOLA AMERICANA

100.* Anche della scuola degli Stati-Uniti di America posso dir poco, e nulla di quelle dell'America meridionale, non possedendo che una breve scrittura del Dyar. Questi ha pubblicato dell'esperienze eseguite da lui in un canale lungo $3^m,33$ largo $0^m,16$, ed in un serbatojo circolare di $6^m,66$ di diametro, usando dei corpi solidi di forme e dimensioni diverse per creare le onde. Lo scopo di lui è stato quello di esaminare il modo di propagazione delle onde nella superficie dei liquidi.

* Nell'uno e nell'altro recipiente egli ha notato due specie di onde che nomina *onde innalzate* ed *onde depresse*. Nel primo l' onda si propaga da una estremità del canale all' altra , e da questa si riflette e sparisce a poco a poco in forza della resistenza che essa prova nel propagarsi: nel secondo l'onda si propaga circolarmente dal centro alla circonferenza senza alterar punto la superficie libera del liquido ; anche nella prima specie di onde ha notata questa inalterabilità del livello, salvo la posizione variabile occupata dall'onda, la quale finisce sempre per sparire insensibilmente.

* Secondo lui la lunghezza dell'onda può esser resa grande quanto si vuole relativamente all'altezza verticale, ma la lunghezza stessa non può essere inferiore ad un certo *minimum*. Egli nominerebbe parabola iperbolica la sezione dell'onda nel suo più semplice stato, cioè quando la lunghezza di essa è un *minimum*.

* Dalle stesse esperienze ha rilevato ancora che le onde, le quali si propagano alla superficie dell'acqua, non esercitano azione alcuna sulle molecole fluide poste ad una profondità, sotto il livello generale, doppia dell'altezza verticale delle onde.

* Egli ha notato inoltre che quando due onde di egual volume, l'una innalzata e. l'altra depressa, si propagano in direzione contraria, ogni alterazione di livello nell'acqua sparisce nel momento del loro incontro , ma dopo questa *penetrazione* , esse continuano a propagarsi, ciascuna nella primitiva loro direzione, senza mostrare di aver sofferta la minima alterazione. Variando l'esperienze ha notato pure lo stesso fenomeno fra onde di diverso volume e di diversa specie; quindi ha dedotto che in verun caso un'onda non può alterare l'altra in modo permanente.

101. * Questi esperimenti del Dyar sembrandomi annunziare dei risultati già ottenuti per l'esperienze del de Caligny, ho a questo ricorso per avere spiegazione in fatto di priorità; la risposta avutane è nell'Appendice.

ARTICOLO SETTIMO

SCUOLA MISTA

102. * Ho dato il nome di *scuola mista*, a quella Commissione *internazionale* pel taglio dell'istmo di Suez, i cui membri appartengono a nazioni diverse e sono: F. W. Conrad, olandese; Harris, inglese; Jaurés, francese; Lentzé, prussiano; Lieussou, francese; J. R. Mac-Clean, inglese; Manby (Carlo), inglese; Montésino, spagnuolo; Negrelli, italiano; Paleocapa, italiano; Renaud, francese; J. M. Rendel, inglese; Rigault de Genouilly, francese.

* Dal Rapporto compilato dalla detta Commissione si desume che la teorica dei renai da essa adottata è in sostanza quella stessa del Montanari: « *Le sable, soulevé par la houle,* essa dice, *retombe, pour être soulevé de nouveau l' instant d' après . . . : la vague est l'agent nécessaire, mais non pas unique du transport des matériaux meubles qui tapissent le fond. En délayant la vase, en remuant et mobilissant le sable, elle ne fait que les livrer à l'action des courants, trop faibles par eux mêmes pour les rouler sur le fond.* » Quindi i trasporti, a parere della Commissione, sono effettuati in forza della corrente littorale conosciuta anche sotto il nome di corrente del Montanari che essa chiama *courant général de la Méditerranée.... Mais, la vague,* la Commissione soggiunge, *dévient l'agent direct et énergique de ce trasport en déferlant sur le petits fonds, qu'elle rencontre en avant du rivage.*

103. * Quanto agli altri fenomeni del moto ondulatorio del mare non è così esplicita. Ma è d'avvertire che la ripetuta Commissione non si è punto fermata a trattare di tutti i svariati e complicati effetti di quel moto, ma solo ha accennato a quegli speciali fenomeni che lo studio della costituzione fisica del luogo le ha indicato, e la conoscenza dei quali era indispensabile per i lavori che doveva proporre. In sì circoscritta ricerca ben limitati si sono presentati agli sguardi della Commissione quei fenomeni, e tanto più limitati per la relativa tranquilla natura delle rade da essa studiate. Ed in vero, « nella

rada di Suez, si legge nel Rapporto, *la mer n'est jamais grosse et le vent est presque toujours maniable*, in guisa, che la *corvette anglaise la Zenobia . . . y a stationné pendant trois ans, sans que ses ancres aient bougé, et sans que ses communications avec la terre aient été interrompues un seul jour*: e nella rada di Pelusio, *les vent sont très reguliers . . . ; le mouillage y est meilleur que sur toute la côte de Syrie, qui est exposée en plein aux vents dominans du N.O., tandis que celle d'Égypte en est partiellement abritée.*

104. * In oltre: « *comme la déclivité du fond, déjà très-faible dans la zône des sables, l'est davantage encore dans celle des vases, les fortes ondes du large sont graduellement amorties et deprimées . . . : dans ces conditions, elles ne peuvent pas être fort dangéreuses.* »

105: * Dal contesto del Rapporto della medesima Commissione si può desumere che l'onda, nella rada di Pelusio quantunque più esposta di quella di Suez, al disotto di una profondità di otto o nove metri, non avrebbe più azione notabile sul fondo del mare.

ARTICOLO OTTAVO

SCUOLA ITALIANA

106. Nota il Fossombroni che «gl'italiani, già da gran tempo in possesso di trattare la scienza ed il governo delle acque torbide, *ne conservano ancora la superiorità* a confronto degli oltramontani; ma questi per *le chiare, e specialmente del mare, hanno mostrato spesso un genio trascendente.*» Siffatta sentenza non esclude che in Italia molto prima che altrove siasi trattato exprofesso anche del moto ondoso del mare. Di fatto Leonardo è stato il primo a stabilire le basi della teorica delle onde dell' acqua : egli ci ha lasciato un libro particolareggiato su questa importante parte dell' idrodinamica. Dopo Lui in vero non conosco altro autore italiano , che abbia scritto un' opera speciale sul moto di cui tratto ; nondimeno la maggior parte di quelli che hanno ragionato delle acque correnti, hanno più o meno toccato il moto ondoso del mare nel senso pratico de'suoi

effetti: Lagrangia e Plana han tenuto la sola via dell' analisi algebrica.

107. Galileo accenna al moto di trasporto nelle onde.

108. Castelli in modo esplicito dichiara che le onde « sollevano dal *profondo del mare* moli immense di arene, e le trasportano col loro impeto.»

109. Montanari non riconosce moto di trasporto nei flutti; ammette in essi la sola potenza di sollevare le arene ed intorbidare le acque.

110. Crede l' azione loro « sensibile a circa due metri di fondo, e ne restano esenti quelle arene che sono nei fondi di tre o quattro metri. » In questi fondi « *nelle tempeste più gagliarde ed impetuose può giungere qualche commozione...., eccetto che quando le tempeste sono originate dal fondo stesso del mare, e non dai venti di fuori, perchè in quei casi (che sono però rari) scaturendo dal fondo l'esalazioni, che agitano il mare, ponno da quello alzare il turbidume sino alla superficie . . . ; ma questo è fuori del caso nostro: io tratto dell'agitazione causata dalle tempeste ordinarie.* »

111. Questo fenomeno, chiamato dal Montanari *esalazione del fondo*, è l' onda di *primo ordine* del Russell : *l' onda per eccellenza, cioè l'onda solitaria, corrente; la grande onda d'equilibrio del fluido*, siccome questi l'ha qualificata, e che un inaspettato accidente gli fece scorgere. È quell'onda in fine di cui il d' Archiac si è occupato, e della quale io a suo luogo ho accennata la naturale essenza (45).

112. Per il ripetuto Montanari la corrente littorale, o *moto radente* come è anche chiamato, è l'unico e rilevante veicolo di trasporto dei materiali che costituiscono i lidi e colmano i porti.

113. Viviani riconosce che l' *onda marina spinge al lido le arene del mare*, ed obbliga le correnti, ed *anche quelle dei fiumi, a voltare or dall'una parte or dall'altra, secondo la direzione del vento che domina.*

114. * Scamozzi anche egli ammette che: « Il mare, vessato dai venti, porta quà, e là le sue arene, e regetta con le sue proprie onde (quasi c'habbia le mani) tutte quelle cose, che le si fanno incontro, ò che le sono portate dal corso de'Fiumi, e

quindi è, che per la maggior parte si veggono atterrate le foci dei medesimi Fiumi: la qual cosa habbiamo osseruato nella maggior parte di quelli dell'Europa, e tanto si potrebbe dire del Nilo, e del Tanai. »

115. Marsigli colle proprie esperienze ha trovato necessario dividere in due lo stato delle onde; uno naturale, l'altro accidentale. Proporzionale alla forza del vento è il primo, il secondo è il prodotto dell'urto delle onde fra esse e del loro simultaneo concorso ed affratellamento.

116. Avendo egli adottato le osservazioni di R. Boyle, dalle quali si deduceva che il vento più forte non penetra giammai oltre i due metri sotto il livello ordinario del mare, ha creduto che il cilindro formato dalla ondulazione non deve elevarsi più di due metri sopra lo stesso livello. Inoltre l'esperienza gli ha fatto vedere una maggiore altezza nelle onde per l'effetto della reazione del letto del mare.

117. Parla di correnti alla superficie ed al fondo, e conclude che *non sarà mai nulla di solidamente stabilito per esse, senza il concorso di più osservatori ed in diversi luoghi situati.*

* — L'esattezza del qual giudizio, è stata provata dai risultamenti dei vasti lavori del Maury, da tutti ben conosciuti. —

118. Guglielmini si accorda col Viviani. Trovo molto notevole, per la questione che tratto, il seguente corollario del Guglielmini: « L' ingresso de' fiumi nel mare si fa a mezz' onda, che vale a dire, che la superficie dell'acqua non viene regolata, nè dalla parte superiore dell' onda spinta contro lo sbocco (sia ella o di moto ordinario o pure burrascoso), nè dal basso dell'onda medesima; ma bensì dal punto di mezzo, tra il maggiore alzamento e l'abbassamento dell'acqua ondeggiante; e la ragione è fondata sulla velocità del bilanciamento dell' acqua, la quale non permette che il pelo del fiume si elevi alla sommità dell'onda, nè si abbassi alla di lei maggiore concavità; e perciò viene ad equilibrarsi con questi contrari conati in un sito di mezzo. »

119. Credo che anche il Poleni professi la dottrina del Viviani in quanto si riferisce ai flutti. Egli tuttavía attribuisce alla corrente littorale maggiori effetti di quelli attribuitigli dallo stesso Montanari.

120. Zendrini trova nei flutti potenza di *sconvolgere e tirare le sabbie dai cupi fondi del mare, e spingerne al lido immensa quantità*. Dimostra ch' essi, quando battono la spiaggia in angolo di 45° hanno azione massima per *zappare il lido ed esportare le sabbie*.

121. Dà, nulla ostante, prevalenza di trasporto al moto littorale.

122. Manfredi e Frisi sono con lui.

123. Boscovich riconosce nei flutti la potenza di smuovere i detriti del fondo del mare; ammette *che i banchi mutano sito secondo la varia forza delle diverse tempeste, che formano diverse correnti di acqua marina*, le quali crede che *prevalgono all' ordinaria corrente generale* (la littorale).

124. A questa corrente poco o nulla egli dà valore: e stabilisce che i detti banchi saranno disposti secondo l'azione di quel *vento che ha forza maggiore sopra ogni altro*.

125. Borelli dice che « l'altezza delle onde del mare non ha forza di spingere le acque verso terra con impeto continuato, ma solamente a guisa di pendolo con serie interrotta spingere e poi ricevere le acque che di mano in mano dalle cime delle onde vanno cadendo ec. »

126. Secondo lui, le correnti non ricevono dai flutti « altro impedimento se non questo, che il corso loro non potrà continuarsi con la stessa uniforme velocità, per le spinte che di tanto in tanto le onde del mare lor danno. »

127. S. Stratico segue la dottrina di Newton, ma si fa ad avvertire, che la *discesa ed ascesa delle parti dell'acqua si fa piuttosto per archi circolari*.

128. Zanotti confessa di non aver avuto « né comodo, né occasione di attentamente osservare gli effetti maravigliosi che produce il mare nei porti e lungo le spiaggie » ; quindi non emette giudizio sulla costituzione delle onde.

129. Lagrangia riguarda la supposizione di Newton come *assolutamente insufficiente* a rendere ragione del fenomeno dell'onda. Egli, per giungere a stabilire le sue equazioni, suppone che nella *formazione delle onde l' acqua non è scossa ed agitata che a piccolissima profondità*. Ed in vero se a è la profondità alla quale l'acqua è agitata, ed n la velocità delle onde

espressa in metri per secondo, si ha con la formola di lui $a = \frac{n^2}{9,81}$; dimodoché per le onde che hanno 2 metri di velocità e 4 di cavo o altezza totale, si avrà $a = \frac{4}{9,81} = 0^m,40$. Questa profondità di agitazione è soltanto la decima parte dell'altezza dell'onda. Per analogía alle onde sonore ritiene, che la velocità di propagazione delle onde marine diminuisce col diminuire del fondo del mare, e stabilisce che la detta velocità sarà la stessa di quella che un corpo grave acquista cadendo da un'altezza eguale alla metà della profondità dell' acqua, dove però questa profondità non sia molto grande.

130. * J. Bertrand fa alcune osservazioni intorno all' indicata teoría di Lagrangia e specialmente fa notare che nella Memoria di de Poisson *on y trouve des résultats tout opposés à ceux qu' avait admis Lagrange, et notamment la preuve qu' il existe des ondes dont le mouvement est uniformément accéléré.*

* Cauchy, anche egli aveva detto che *le mouvement des ondes n' est pas uniforme, ainsi que M. Lagrange l' a supposé dans sa Mécanique analytique, mais uniformément accéléré.*

* E Leonardo, prima di tutti, aveva notato: *L'onda quanto più si muove più si abbassa, e più si dilata e più si fa veloce* ec.

131. * Plana, nelle sue *Notes* sulla stessa teoría delle onde data dal de Poisson, avverte che: *La nouvelle forme de l' intégrale des équations de ce mouvement est une découverte très-importante pour les progrès de l'analyse. Mais rien ne fait mieux sentir que cet excellent ouvrage de M. Poisson combien de difficultés il reste à surmonter pour tirer d' un tel principe les lois principales du phénomène que l'on considère.*

132. Mari si mostra convinto che i flutti abbiano moto di trasporto, e crede *che le arene sono a portata di essere prese a collo dalle onde nei venti più discreti.*

133. Per gli effetti del moto littorale è col Poleni.

134. Zuliani ancora si dichiara convinto, che l' acqua del mare in tempo di burrasca viene sollevata e « spinta gagliardamente dalla furia del vento verso la spiaggia ». Quindi assicura, che le sabbie incorporate colle stesse acque del mare burrascoso sono dalle onde trasportate verso i lidi.

135. Egli tende a credere prevalenti gli effetti di trasporto dovuti alla corrente littorale, in confronto a quelli dovuti ai flutti anche del *vento dominante*.

136. Mengotti ritiene, che le acque torbide *delle fiumane sono respinte in dietro dai venti e dai marosi*, e questi *disperdono e riproducono le barre*.

137. Bidone dalle sue esperienze ha dedotto, che il moto ondoso si trasmette a *grandi profondità*. Egli più d'ogni altro si è occupato a spiegare il modo ed a scoprire la causa del successivo frangersi delle onde nel lido, e specialmente di rendere ragione del fenomeno conosciuto sotto il nome di *Mascheretto*.

138. Avverte che quando il mare è agitato, le onde frante s' innalzano più delle intere per causa dell'urto della corrente che ascende sulla spiaggia, prodotta da ogni onda, colla corrente che discende dell'onda antecedente.

139. De Fazio pel moto di trasporto nei flutti segue la dottrina del Castelli: ai fatti da questo registrati aggiunge degli altri e conclude : « Tutti i cennati fatti provano abbastanza che i venti, spingendo le onde , *regolano i depositi delle materie che sollevano e trasportano.* »

140. Per il punto fin dove si comunica l'azione delle onde si mostra convinto che non giunga *al di là di circa* 8 *metri* ; *le sabbie per qualunque tempesta non sono mai sollevate* più sotto di questa profondità di acqua : « l'agitazione superficiale, per quanto forte si voglia, diventa debolissima , anche prima di aggiungere a circa due metri sott'acqua. »

141. Tadini nota « che le onde sollevano e vagliano le materie , scernendo le sabbie dalle terre fine , quelle gettando verso terra queste trasportando all' alto. »

142. Non conviene nella legge del Montanari, e dà al moto radente di questo più azione di trasporto di quella ammessa dal Montanari stesso.

143. Marmocchi, seguendo la dottrina del Kant, conviene sul moto di trasporto nelle onde, ma nel solo caso ch' esse si frangano ; e quando ciò avviene in alto mare, *la superficie dell'Oceano allora corre rapida come un torrente impetuosissimo*.

144. Brighenti ammette moto di trasporto nei flutti. Basandosi sopra fatti , che di persona ha osservati , « *inclina a*

pensare che la direzione del moto ondoso delle burrasche valga a guidarci con maggiore sicurezza nell' intendere i fenomeni degli interrimenti, e nell' applicarvi i rimedj ». Quindi non ammette la legge del Montanari, né quella modificata del Tadini.

145. * Così egli aveva pensato e scritto sino al 1857, e così io aveva riferito di lui. Di poi accennò di cambiare parere consigliando seguire la dottrina della citata Commissione, il che vuol dire quella del Montanari (102); ma poco dopo, pregato da me di uno schiarimento, è tornato al passato e con esplicita convinzione.

146. * Inoltre oggi ha aggiunto il valore della profondità cui l' agitazione del mare, a suo credere, cessa di essere valutabile: valore sul quale non era ancora entrato in merito. « Quando si arriva *ai fondi alti oltre otto metri*, egli dice, le agitazioni del mare non bastano a sconvolgere il fondo *ancorchè sabbioso*, e le sabbie sconvolte sul lido sottile non sono portate tanto al largo, onde o si accumulano alla riva, o si perdono per la massima parte negli alti fondi, o tutto al più si appoggiano agli ostacoli più o meno copiosamente in proporzione della loro quantità e dipendentemente dalla direzione dell'ostacolo, e delle burrasche che le trascinano. »

147. * Come pure ha egli ora ammesso moto di trasporto nelle onde anche in alto mare, mentre prima accennava soltanto a quello che esse manifestano presso il lido. Ecco le parole di lui.

* « I nostri naviganti, più volte da me interrogati, asseriscono che in tempo di forte burrasca le onde si muovono nel senso del vento dominante, e sono trasportate parte dal vento stesso, e parte dalla corrente del mare che ne nasce. *I quali due effetti, a me sembra, dover essere immancabili.* »

148. A. Cocconcelli si attiene al Zuliani.

149. E. Lombardini dice: « Mentre le acque de' fiumi continuano a portare al largo mare le torbide, che depongono in vicinanza della foce, questo, agitato dai venti, esercita un'azione contraria in tutta la lunghezza della spiaggia, tendendo a respingere le materie medesime verso di essa. Combinati questi movimenti con quello continuo del mare da sinistra a destra,

che chiamasi *moto radente*, distendono tali materie lungo il littorale, anche a notevoli distanze dalle foci dei fiumi.

150. « La violenza delle onde del mare si ritiene essere in certa proporzione colla profondità del medesimo, e cresce con essa ; ma la loro propagazione sotto la superficie delle acque ha un limite, oltre il quale il fondo del mare non viene smosso per qualunque tempesta. »

151. Venturoli non ammette mai moto di trasporto nei flutti. Egli ritiene che il movimento impresso dai venti alle acque del mare è tale, che queste *si alzano bensì alternativamente e si abbassano, ma non si veggono già concepire determinatamente alcun moto progressivo.*

152. * « I venti, egli dice ancora, per quanto siano impetuosi possono bensì strappare le sabbie dai bassi fondi, sollevarle in alto, e sconvolgerle in tutti i sensi , ma non hanno forza di trasportarle secondo la direzione del loro rombo. »

Il moto littorale, detto anche moto radente, è , per lui, il solo veicolo di trasporto: e di ciò si dichiara convinto *qualunque sia la forza della burrasca e la direzione del vento.*

153. C. Afan de Rivera segue la scuola del de Fazio; quindi difende il sistema de' moli arcuati. Persuaso che l' azione del moto ondoso tende ad ostruire le foci, ha cavato profitto dalla potenza di esso, e col suo semplicissimo *trovato delle palificate sommerse a traforo facenti l'ufficio di sponde*, assicura migliorare gli sbocchi.

154. V. Rossi appoggia con esperienze e con argomenti il trovato di Afan de Rivera.

* Riconosce che « le burrasche coll' infuriare dei venti e dei cavalloni zappano il fondo del mare , ne rompono i bassi fondi , e spingono al lido le sabbie : onde poi si formano le alte spiaggie e dune, ed ove queste sono interrotte per lo sbocco di acque in mare, vi formano gli scanni e tutte quelle radunate di sabbia o rena che ne impediscono lo scarico. »

155. * Conviene nella dottrina del Montanari, ma coll' espediente del Rivera, *al primo sopraggiungere di una burrasca* crede rimosso l'effetto che, secondo quella dottrina, accader deve negli sbocchi.

156. * Questo era il modo di vedere del Rossi avanti che

io dessi alle stampe la prima edizione di questa Memoria. Ma di poi, pregato da me, è gentilmente tornato sull' argomento, e dichiarando di seguir, per le prove da me addotte, la dottrina da me sostenuta, concluse « che in generale il flutto-corrente, o meglio il moto di trasporto parziale o totale delle acque componenti le onde, è più potente cagione degl' impedimenti allo sbocco dei fiumi in mare e degl' interrimenti delle loro foci e dei porti che non le sole correnti littorali, o moto radente del Mediterraneo. »

157. G. Collegno dice: « I moti regolari del mare, le correnti cioè e le maree, non bastano a produrre grandi cambiamenti nella parte solida del globo... La vera azione distruttiva del mare si è quella dei fiotti che battendo incessantemente le esterne falde de' continenti e delle isole cagionano guasti incomparabilmente maggiori di quelli de' fiumi...

158. « Ne' mari profondi l'azione dei fiotti non si fa sentire sul fondo, se non laddove le spiagge sono esposte a venti impetuosi ; ma quell' azione produce allora effetti più importanti... L' acqua che cuopre banchi di sabbie o di fanghiglie, profondi anche di 25 metri, diviene torbida nelle burrasche, e ciò avviene solo perchè l'agitazione del mare si stende sino a quella profondità e ne smuove il fondo... Per quanto si può giudicare nella costruzione dei moli e delle dighe di vari porti, alla profondità di sette metri le onde non esercitano più effetto alcuno sui materiali alquanto voluminosi. »

159. Pilla conclude poter ritenere « che i movimenti del mare operano in due sorta di maniere, cioè modificando le terre, e trasportando materie diverse a molta distanza. I movimenti della superficie (quelli delle ondulazioni prodotte dall' urto del vento) producono lievi effetti dell'uno e dell'altro genere. Quelli delle maree e delle correnti operano nel modo medesimo, ma le loro azioni sono molto più energiche. »

160. C. Conti così ne parla: « Le onde del mare agitato e commosso sono enormi sollevamenti ed avvallamenti di acqua. La distanza da culmine a culmine, nel medesimo istante, dà la lunghezza dell'onda. Che poi questo movimento appartenga alla classe degli ondulatorj, si riconosce dai corpi leggieri galleggianti che rimangono presso che nel medesimo sito. L'onda

che si vede da lungi, e che mano mano si avanza, non è costituita dalla medesima acqua; l'acqua frapposta successivamente si commuove fino a che si alza e si abbassa quella ch' è sottoposta alla nave, con quel movimento di più orizzontale che corrisponde alla vibrazione di ogni particella combinata con la forza di gravità che in quegli alzamenti e abbassamenti grandissimi diventa possente. »

161. D. Paoli dice: « Accordasi ai venti la facoltà di far gonfiare le acque, ma niegasi loro quella di comunicare ad esse alcun moto progressivo in massa... Ma i venti imprimono non già un solo movimento ondulatorio, non un semplice innalzamento di livello, ma valgono bensì a comunicare alle acque un moto progressivo e in massa, moto che si estende anche alle parti meno superficiali. » Niun dubbio egli lascia, anzi si mostra *irrefragabilmente convinto*, che nel moto ondulatorio i venti imprimono alle acque del mare anche moto di *traslazione* e di *massa*.

162. Così pure ei ritiene per certo, che i trasporti di rena, di ghiaja, di ciottoli siano dovuti, *anziché alle correnti* del nostro mare, *all'azione dei venti e delle tempeste*.

163. Non così esplicito si mostra nell'assegnare fino a qual profondità si comunica sensibilmente l'azione de' marosi, ma non vi è dubbio che nel Mediterraneo ei la creda ben al disotto di 40 metri.

164. Meneghini mi pare che ammetta sempre moto di trasporto nelle onde. Egli parla diffusamente di un'*onda di fondo* prodotta dalla continuazione di forte vento : questa , secondo lui , « è interamente diversa dalle onde consuete che sogliono essere superficiali e confinate all' area vessata dal vento. » Il movimento di detta onda , « che interessa tutta la profondità dell'acqua, si propaga con una velocità, che sta in ragione inversa della radice quadrata della profondità stessa...: essa è rapidamente trasmessa a traverso l' Oceano a regioni lontanissime , anche molto dopo che cessarono venti e flutti... Se si aggiunga l' impulso del vento al movimento suo proprio , la forza dei cavalloni diviene prodigiosa...

165. « L'azione del vento, egli continua, si esercita sulla massa liquida sottostante; raramente per altro arriva a grandi

profondità, non oltrepassando d'ordinario i 60 o tutto al più i 90 metri. »

166. C. Acton così si esprime: « Ella è volgar credenza, che l'acqua essa medesima si avanza con la velocità dell'onda; ma in fatti la forma soltanto si avanza, mentre la massa rimane elevandosi e discendendo nello stesso luogo con la regolarità di un pendolo... Ma quando l' onda giunge in un basso fondo o spiaggia, essa diventa realmente progressiva : poiché allora non potendo affondarsi direttamente in giù, essa si rovescia d' innanzi rotolando e cercando il suo livello...

167. « Egli è cosa dubbia molto, conclude, a qual profondità il mare sia agitato dai venti. »

168. S. di Amico, e D. Cappetta, secondo che riferisce e sembra adottare il de Ritis, dicono « che nei grossi temporali quando il movimento arbitrario delle onde sino al letto del mare propagasi, purché non sia grandemente profondo, vengono i sedimenti smossi e assoggettati all'azione delle correnti o delle onde del mare dalla forza de' venti commosse e sollecitate, e vanno a depositarsi ove la calma regna ed il riposo. »

169. F. de Luca riconosce moto di trasporto nei flutti : *essi solcano il fondo del mare, ne tirano le sabbie dai cupi fondi, e ne zappano le sponde, trasportando quanto han potuto distaccarvi.*

170. Questo autore si estende inoltre sopra i tristi effetti delle risacche.

171. F. Sponzilli mi sembra tendere a dar preferenza alla teoría di Bremontier e di Virla piuttosto che a quella di Emy, specialmente sopra il teorema intorno al *fenomeno sottomarino* chiamato dal primo *lame de fond* e dall' ultimo *flot de fond* ; teorema che si presenta come uguale, ma che essenzialmente diversifica secondo la definizione e dimostrazione data ad esso dai due autori. Gli elementi della teorica di Bremontier su questo fenomeno *sembrano chiari* allo Sponzilli. « La quale profferta del Bremontier, tutto ben considerato, egli osserva, nasce come per diretta via da quel fenomeno sottomarino, che il Montanari chiamava *esalazione del fondo*, e, due secoli addietro, segnalava come eccezional cagione delle marine commozioni alle grandi profondità, e come principale cagione degl'interrimenti nei porti. »

172. Sono certo essere lo Sponsilli convinto che l' azione *delle onde mosse dalla furia dei venti* si comunica a grandi profondità, cioè *può operare sulle arene anche forse al di là di* 160 *metri* ; e che le *coste sabbiose* possono avere « *aumento* per torbide della corrente littorale , o, anche più , per diretto deposito che i venti di fronte fanno delle arene tratte dal profondo mare ; e poi *depauperamento* per fortunali spiranti obbliquamente sulla costa, i quali, zappandola , portano i depositi di nuovo ne' profondi del largo. »

173. Riassume in fine lo stato delle attuali cognizioni in sentenza concorde a quella più generale emanata dal de Luca : *Noi*, egli dice, *circa l'astrusa ricerca delle cause e degli effetti degli insabbiamenti nei Porti, come dei modi diretti onde opporsi alle prime , e riparare ai secondi , siamo in via di bel nuovo alla ventura.*

174.* Poco dopo, tornato egli in argomento, si mostra molto esplicito sostenitore della teoría del Montanari, giacché in susseguente scritto si legge: « Ma non è solo l'onda il veicolo di tali incomodi convogli di materie ostruenti; il veicolo forse maggiore perché incessante , più pericoloso perché nascosto , più ricco perché meglio prossimo al lido, è stato fino a non guari unicamente dagli idraulici italiani veduto nella già per me cennata *corrente littorale.* » E quantunque citi i nomi di Tadini, di Brighenti e di Paoli, come autori che hanno confutata quella teoría, tuttavía è convinto che esistono, per lui, *delle grandi e ben note prove* in appoggio di essa ; le indica, e poi conclude dicendo : « Quindi ritenere par che se ne debba il principio , fino a che non solo una spiega pratica migliore di quella data dal Montanari e validata dal Mercadier, o meno enigmatica di quella posta nelle *Lames* e nei *Flots de fond* , venga a farne convinti; ma a conferma dei divisamenti novelli , *scorrano un altro pajo di secoli di esperienze e di osservazioni*, quanti già ne decorsero a vantaggio delle vecchie idee. »

175. * D. Cervati nel 1831 sosteneva con calore la teorica del Montanari: egli dava alla corrente littorale tutto il valore, *ed anche più* , che ha dato ad essa il Montanari medesimo. « Chi potrebbe negare, egli scriveva, che nel mare Adriatico questa corrente sia *la più formidabile nemica* de' porti sulla

costa occidentale del golfo ? *Se* dessa *non avrà* la forza di divellere, come le onde del mare, le arene da un fondo *di* 15 *in* 20 *palmi* (4 in 5^{m}.), ben potrà essere però sufficiente motore per ispingerle innanzi, ed *escavarle ancora* da un fondo minore radendo il lido, *ove essa più che mai agisce... Fu essa dunque ben temuta e difinita pel male più irreparabile della profondità de' porti* ! »

* In seguito, cioè nel 1859, egli ha sensibilmente moderato quel calore ed anche il valore intrinseco di quella teorica, giacché ammette che il trasporto dei materiali possa effettuarsi *sia dai flutti, sia dalle correnti*; e che i marosi, nel golfo di S. Eufemia, *incontrando* una *secca scogliosa a* 45 *piedi* (15^{m}.) *di fondo.... vanno ammorzando l' impeto loro*; ma ad una profondità maggiore, cioè di 50 a 60 piedi (16 a 19^{m}.), non ammetterebbe in essi azione sensibile: *quale mai*, egli esclama, *dovrebbe essere la forza de' marosi per ismuovere il fondo del mare a cotanta profondità* ?

176.* Secondo lui « la risacca, che si desta in taluni ricinti per opera de' marosi riflessi al difuori o nel loro stesso perimetro, *non altro produce che una molesta oscillazione*, un sobbollimento di onde, *incapace di trasmettere moto di traslazione alle materie quiescenti nel fondo.* »

177.* Un anno dopo (1860), tornato in argomento, crede ancora la corrente littorale potente cagione d' interrimento ; ma le dà forza di trasportare soltanto *le materie leggiere e galleggiabili*; il trasporto dei materiali pesanti, l' arena entra tra questi, ammette che sia interamente *dovuto ai flutti.*

178.* In quanto alla profondità, cui può giungere l'azione sensibile delle onde, non è così esplicito; ma nel golfo di Napoli esclude che possa giungere a 52 o 56 piedi (17 o 18^{m}.).

179.* Il Ponzi ammette moto di trasporto nelle onde: riconosce che agiscono a rilevante profondità, e dimostra che la corrente da esse creata *ha forza ben notevole da vincere e superare l'ostacolo delle acque dolci*; cioè *la corrente tiberina*, di cui egli parla.

180.* G. Fiocca dà all'azione di trasporto del flutto prevalenza su quella della corrente littorale. Crede che in una pro-

fondità di 13 a 18 metri non possa verificarsi sconvolgimento di fondo del mare.

181. * Il Paleocapa propugna la teoria del Montanari e però « pensa che la corrente litorale sia la vera e principal cagione del protendimento delle spiaggie di sabbia e di limo, e della ostruzione dei porti: e riguarda come causa secondaria l'azione delle lame di fondo; tanto più che essa si esercita su quelle sabbie stesse e su quel limo, che la corrente litorale medesima ha disteso sulle spiaggie sottili subacquee. »

182.* Considera « che i moti ondosi subiscono nella direzione loro altrettante variazioni, quanti sono i rombi di vento diversi da cui sono suscitati, e che nell' intensità loro vi è tanta diversità quanta è quella che esiste nella violenza e nella persistenza delle burrasche. Onde non si comprende, egli conclude, come dal contrasto di tante svariate e differenti forze possa derivare quel regolato progressivo avanzamento delle spiaggie, e quegli altri fenomeni che si manifestano nella direzione e nello stabilimento degli sbocchi dei fiumi torbidi, o delle correnti chiare, aperte nelle alluvioni sabbiose con legge costante. La qual legge, se da cause straordinarie viene turbata, torna a far manifesti gli effetti suoi al cessar delle cause perturbatrici. Questi fenomeni in vece si spiegano assai bene coll'azione della corrente litorale. »

183. * Ammette in massima generale, che l'azione delle onde non si esercita efficacemente che a profondità minore di sette ad otto metri. È da notarsi che egli avverte parlare dei mari Adriatico e Libico.

184. * Il Francolini, Felice, non è con il Montanari. Egli trova ragionevole lo ammettere che la protrazione delle spiaggie, lo insabbiamento dei porti e la direzione delle foci dipendano quasi sempre dai flutti correnti e non dalle correnti littorali.

185. * Il Guglielmotti segue la dottrina di Leonardo da Vinci, e più volte si protesta concorde colla mia che si basa su quella. Considera nell' onda come primario ed essenziale il movimento oscillatorio impresso alla massa del fluido da qualunque forza esterna che ne turba l'equilibrio: come secondario ed accessorio il movimento reale di trasporto in massa, proprio di tutti i corpi quando ricevono una spinta, maggiore della

loro resistenza ; o quando , perduto il natural sostegno , precipitano.

186. * Inoltre dice che, come il vento vince la resistenza relativa delle molecole dell'acqua, ancorché in calma smaccata, e le mette in movimento di semplice oscillazione nel sito: così l' impeto dei venti furiosi continuato per qualche tempo nella medesima direzione vince la resistenza assoluta nel luogo; e comunica alla massa il movimento reale di trasporto, facendola correre anche al largo , e in acqua profonda, nella direzione istessa del vento : salvo le modificazioni che possono essere prodotte da altre cause. A siffatta onda dà per antonomasia il nome di *Flutto*, da fluire. Onda diversa dalle onde ordinarie, perché corre; diversa dalle comuni correnti, perché oscilla: causa del barcollamento e del beccheggio nell'oscillare ; causa della *Deriva* nel correre come il rivo.

187. * Similmente conviene nell' ammettere che qualunque onda se trova ostacolo al suo libero svolgimento , perde l'equilibrio , precipita , e scorre avanti con moto reale di trasporto. Perciò, col mare agitato, il flutto sempre mena al lido e ai frangenti.

188. * Ammette, in fine, che l'onda nelle grandi tempeste propaga il movimento a grande profondità: la quale crede debba esser determinata come le leggi della gravità furono stabilite da Galilèo : prima coll'osservazione , coll' esperienza, col raziocinio; e poi col calcolo.

189. Tra gli autori citati nella scuola italiana avrei voluto unire il Casoni, il Turazza, il Nobili, il Cavalieri, il Bertolini, il Folchi, il Sereni, il Natali, il Manetti, R. Pareto, il Savi, Eugenio Rodriguez, Carlo Possenti, Barilari, Sauli, De Rosa, Biancheri, G. Monti ed altri; ma di essi non ho sott'occhio tanto che basti a formarmi un concetto del modo loro d' intendere la costituzione e gli effetti delle onde marine. Così avrei pur voluto studiare e compendiare gli autori di altre scuole , se pur ve ne sono: ma non mi è riuscito di farlo neppur brevemente , giacché non ho trovato gli autori di esse citati da quelli da me studiati.

190. * Il sopra esposto quadro delle diverse teorie o ipotesi sul moto delle onde e quello delle correnti littorali , e

sugli effetti da essi prodotti, quantunque sia stata la parte più difficile e la più laboriosa della mia scrittura, tuttavía si troverà in essa incertezza circa ad alcuni fenomeni, perché non compiutamente sviluppati e perché essenzialmente separati tra loro. Ma gli han separati e resi chiari gli autori da me compendiati? Io credo di no. Quindi se essi non l' han fatto, io non doveva farlo, né farlo notare, giacché ho premesso che in detto quadro io non emetterei la mia opinione, ma solo esporrei le opinioni altrui. Ho voluto così presentare lo stato della scienza a tutt'oggi, e mi pare di esservi riuscito. Egli è vero che sopra alcuni autori, sopra quelli cioè che han trattato exprofesso tali questioni, poteva e doveva io maggiormente soffermarmi; ma siccome nel corso del mio lavoro debbo tornare a parlare di loro con adottare o confutare le loro dottrine, così mi è sembrato che una più estesa analisi delle opere loro nel quadro, avrebbe dato luogo a ripetizioni inutili. Io credo che il lettore, riunendo quanto ho detto e sarò per dire di questa classe di autori, troverà infine quanto basta per saper che cosa da essi si pensi intorno ai più importanti fenomeni del moto ondoso.

191.* Per questo motivo non mi sono esteso quanto avrei voluto sul prezioso trattato di Leonardo da Vinci, il quale meritava, a preferenza di ogni altro, di esser per intero analizzato, e ciò tanto più oggi in quanto che, finalmente, un chiaro idrometra, onore dell' Italia nostra, si è particolareggiatamente occupato delle più importanti proposizioni idrauliche, dettate da quel Somno quattrocento anni or sono, ma non si è occupato di quelle che abbracciano il moto ondoso dell' acqua. Difatto il Lombardini nelle sue *Osservazioni storico-critiche dell' origine e del progresso della scienza idraulica* in Italia, mentre con dottrina non comune rivendica a Leonardo il primato e lo dimostra il *vero creatore di essa* per la parte concernente i fiumi ed i canali, per quella poi del moto oscillatorio si limita a dire soltanto che fra le opere di Leonardo esiste un libro che tratta del « *Moto ondoso delle acque*; *contenente bellissime riflessioni* »: e lascia così una desolante laguna. Laguna che importa ancor più di riempire perché il de Laplace, il de Montferrier e l' Emy dicono che Newton *est le premier qui se soit occupé du mouvement des ondes*. Egli è

vero che, dopo queste tre autorità, il Libri ha avvertito che Leonardo *fut le premier à poser les bases de la théorie des ondes*; . . . . e che Egli *avait observé les circonstances les plus importantes du mouvement des ondes liquides*; ma altro è il dirlo, altro è il dimostrarlo. Inoltre io non limito il mio desiderio al saper riconosciuta in Lui la priorità in questo studio; ma vorrei, perché gli fosse reso compiutamente il suo, che si provasse pure posseder Egli tuttavía quella priorità e preminenza che tiene il sole sopra gli altri astri, cioè che nessuno dei luminari sorti in seguito lo ha ancora eclissato.

192. * Né sono io il solo che riconosca, anche nella parte di cui si tratta, l'invidiabile merito del primato, veramente utile alla scienza, in Leonardo. Dopo il Libri, il Brighenti, a proposito dei citati miei studî sul porto di Livorno, ove pongo a confronto alcune proposizioni di Leonardo con quelle più accreditate dei moderni celebri scrittori di questo argomento, favoriva scrivermi: « Le si debbono pure ringraziamenti per aver tanto opportunamente risuscitata la dottrina del moto ondoso del Vinci, *a cui non so che i moderni abbiano aggiunto teoremi da valere.*»

* Io non mancai anche nella prima edizione di questo libro di far tesoro dei gioielli racchiusi nell'opera di Leonardo; ma in quest' opera qual noi la vediamo data in luce, avverte il citato Libri, non si trova tutto quello che in argomento il Leonardo ha dettato; quindi, perché dall'opera pubblicata e dai manoscritti le idee di lui risultassero intere e poste in conveniente rilievo, avrei amato che il Lombardini, maestro nella meccanica dei liquidi e che trovasi in grado di consultare i manoscritti, avesse pure colmata questa laguna.

193. * Il Cavalieri ancora avrebbe saputo, con magistero superiore ad ogni eccezione, rendere completa giustizia a Leonardo nel recente suo aureo scritto *Del primato italiano nella scienza idraulica*; ma egli potrà forse tenersi per iscusato, se in un *Discorso* accademico ha soltanto dì volo toccato le opere idrauliche di quel Grande; « il quale, come ha registrato il ripetuto Libri, disegnando un oriolo scriveva da un lato, *che bisognava impiegare le ore in modo da vivere nella posterità.*» Ed Egli vi vivrà, aggiungo io, fintanto che la misura del tempo sarà in uso nella vita.

194.*Come diceva (192), nel 1853 io detti alle stampe un saggio dei teoremi di Leonardo, cui allude il Brighenti, ponendo a confronto di essi quanto, sulla proprietà dei medesimi fenomeni annunziata da Lui, hanno dettato i più accreditati trattatori. Questo confronto, quantunque succinto, qui ripetuto darà una idea del grande ingegno del nostro Autore nell'interrogare la natura e nell' involarle i suoi segreti. Né, tornando qui ora a pubblicarlo, sarà inutile ripetizione, giacché la maggior parte delle dimostrazioni in esso contenute mi occorrono per puntellare talune delle proposizioni che sostener debbo nel corso del presente mio lavoro.

* Se giudicar dobbiamo dalle opere pubblicate, io diceva allora, siamo condotti a credere, dover far meraviglia il veder citato il nome di Leonardo da Vinci, parlando del moto ondoso del mare. In verun'opera a nostra cognizione, che tratta di questo argomento, è egli stato mai citato; anzi gli autori di esse, come si può vedere in de Laplace, in Emy e in de Montferrier, credono che il gran Newton *est le premier qui se soit occupé du mouvement des ondes*. Eppure due secoli avanti che l' illustre geometra inglese accennasse a questa importante ricerca, il nostro Leonardo nella sua ammirabile opera *del moto e misura dell' acqua* se n'era occupato e seriamente. Ed Egli fin d'allora non solo aveva studiata e descritta la formazione e natura dell' onda, ma aveva altresì raccolto e dimostrato una lunga serie di leggi e di fenomeni di questa complicata ed utile parte della scienza de' fluidi; nulladimeno fino ai nostri giorni si crede eziandio, che tutti *ceux qui ont écrit sur les ondes n' ont parlé que des ondes courantes* siccome asserisce Emy. Quindi non solo molto prima, ma ben anche con molti più particolari di Newton, di de la Hire, di de Laplace, di Lagrangia, di Biot, di Poisson, di Cauchy, ed altri, il nostro autore si occupò del moto ondoso dell'acqua. Noi non possiamo in questo scritto analizzare sì vasto lavoro; e nella speranza che sapiente penna rivendichi il primato all' Italia anche di questa interessante parte dell' idrodinamica, ci contenteremo riportare soltanto quanto possa, per alcuni lettori, facilitare l' intelligenza degli effetti del moto ondoso pei studî di cui ora trattiamo. (Qui io intendeva parlare dei già citati studî sul porto di Livorno, di cui ho fatto cenno al num. 1 ed al num. 192).

195. * « L'onda, dice Leonardo, è impressione di percussione riflessa dell'acqua. . . , il di cui impeto (ossia propagazione di moto) è molto più veloce che l' acqua ; perché molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione , e l'acqua non si muove dal sito. A similitudine dell'onda fatta il Maggio nelle biade dal corso de' venti, che si vede correre l'onda per le campagne e le biade non si muovono dal loro sito ec. »

* Questa definizione della natura dell' onda non può essere più esatta e chiara; e la similitudine del nostro autore è ripetuta dai più recenti trattatori di questa materia come Emy, Sganzin e Reibell. Anzi l' ispettore Fèvre ha basato un ingegnoso lavoro sull' analogía esistente fra le onde marittime e quelle formate in un campo di grano , sommesso all' azione del vento. Il fatto che il moto dell' acqua , nella propagazione orizontale dell' onda , non sia sempre apparente , come fa notare Leonardo , oggi da taluno si ammette non solo presso il lido, ma anche al largo : *on doit croire que les vagues, même au large*, dice Minard, *sont animées dans les plus grands vents d'une vitesse horizontale notable.*

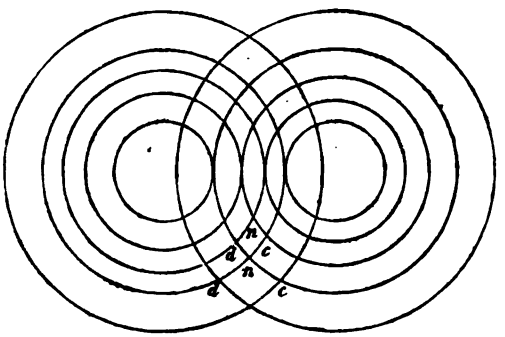
196. * « L'onda, ovvero l' impeto dell'onda, osserva la sua linea infra l'onda immobile fatta nella grandissima corrente dell'acqua, non altrimenti che faccia il raggio solare nel corso dei venti ec. »

* Ed in vero le onde non alterano il corso naturale delle acque, nelle quali esse si sviluppano; *ainsi*, notano Sganzin e Reibell , *un corps flottant à la surface des eaux d' un courant , chemine avec le courant malgré les ondulations superficielles.* Ma questo fatto soffre eccezione contro la corrente de' fiumi, come avverte il chiarissimo ispettore Reibell averlo notato il distinto colonnello del genio Emy , ed il Leonardo aveva avvertito *che l' onde rompono contro il corso del fiume, e non mai per il verso del suo corso.*

197. * « Tanto fa a muoversi l'onda contro all'altra, quanto a muoversi l'un'onda per se nell'acqua immobile. Questa è manifesta per la dodicesima e provąsi ancora per l'ottava che dice, molte sono le volte *che l'onda fugge il luogo* della sua creazione, e l'acqua non si muove dal sito ec. » Ecco la dodicesima.

198. * « Se getterai in un medesimo tempo due piccole

pietre alquanto distanti l'una dall'altra sopra un pelago d'acqua senza moto, tu vedrai causare intorno alle dette due pietre, due separate quantità di circoli, le quali quantità accrescendo, vengono a scontrarsi insieme; domando, se l'un cerchio nello scontrarsi con suo accrescimento nell'accrescimento dell' altro, esso entra nella sua onda penetrando l' onda dell' altro. Come passa *n* in *c* nel medesimo tempo, che *n*, passa in *d*



Ovveramente se tali loro percussioni risaltando indietro infra eguali angoli. Come se *c* entrando in *n* saltasse in *d*; e così *d* percotendo in *n* risaltasse in *c*. Questo è bellissimo quesito, e sottile. Al quale rispondo, che se il moto dell' impressione dell' acqua fia accompagnato col moto della medesima acqua, come occorrerebbe; se i circoli fossero cagionati da grandissime percussioni, non è dubbio che, ivi creandosi nuovo moto riflesso per la percussione dell' onda, si cagioni ancora nuova impressione in modo, che le prime restano distrutte, e così *c* entrando in *n*, non risalta in *d*; né *d* percotendo in *n*, risalta in *c*; ma se il moto dell' impressione dell' acqua fia solamente accompagnato dall' impeto, e non dal moto della medesima acqua, dico che *n* passa in *c* nel medesimo tempo che *n* passa in *d*. E la ragione è, che benché ivi apparisca qualche dimostrazione di movimento, l'acqua non si parte dal suo sito; perché l'aperture fatte dalle pietre subito si rinchiusero, e quel moto fatto dal subito aprire, e serrare dell'acqua fa in lei un certo riscotimento, che si può piuttosto dimandare tremore che movimento. E che quello io dico ti si faccia più manifesto, poni mente a quelle festuche, che per loro leggerezza stanno sopra l' acqua, e vedrai, che per l' onda fatta

sotto loro per l'accrescimento di circoli, non si partono però dal loro sito; essendo adunque questo tale risentimento di acqua piuttosto tremore che movimento, non si possono più incontrarsi, rompersi l'uno l'altro, perché avendo l'acqua tutte le sue parti di una medesima qualità, è necessario che le parti attacchino esso tremore l'una l'altra senza mutarsi dal loro luogo; perché stando l'acqua nel suo sito, facilmente può pigliare esso tremore dalle parti vicine, e porgerle alle altre vicine, sempre diminuendo sua potenza insino al fine. E perché in tutti i casi del moto dell' acqua è gran conformità coll' aria, io allegherò per esempio l'aria, nella quale benché le voci, che la penetrano, si partano con circolari movimenti dalle loro cagioni, niente di meno li circoli mossi da diversi principî si scontrano insieme senz'alcun impedimento, e penetrano e passano l'un l'altro mantenendo sempre per centro le loro cagioni. »

* Quando le onde non hanno per causa efficiente il vento, come in queste esperienze fatte da Leonardo, così in quelle ripetute ai nostri giorni, risulta adunque che delle ondulazioni possano incrociarsi in tutti i sensi, a similitudine di quelle della luce e del suono senza essere arrestate, né spezzate l'una dall' altra come hanno avvertito Sganzin e Reibell. E Poncelet si esprime in questi termini. *Les ondulations coexisteront en se superposant et se croisant les unes les autres sans s'influencer réciproquement . . . . sans que leur forme en soit aucunement altérée.*

199. * « Il moto riflesso dell'onda infra l'acqua muta tanti corsi riflessi per qualunque verso quanti sono li obietti vari in obliquità, che ricevono il moto incidente di tal acqua, ec. »

* Ciò che noi chiameremo, col Minard, Emy, Sganzin e Rei-Reibell, risacca per riflessione.

200. * « L'onda mai è sola, ma mista di tante altre onde quante sono le inegualità che ha l'obietto dove tal onda segue. Questa nasce dalla diffinizione dell'onda ec. »

* Fenomeno della simultaneità di più sistemi di onde del quale Emy fa soggetto di articolo speciale.

201. * « Molte onde si possono generare fra la superficie al fondo di una medesima acqua in un medesimo tempo le quali sieno voltate a vari aspetti, ec. »

* Lo studio di queste onde sottomarine rivive a nostri giorni soltanto; per lo innanzi, secondo che nota Emy, *on ne considérait dans le phénomène, que les ondes de la surface.*

* *Il existe donc, à une certaine profondeur, des lames d'une direction opposée à celles que l'on remarque à la surface,* come ha concluso Frissard.

202. * « L'onda del mare rompe contro l'acqua che fugge dal lido, ove è percossa, e non contro il vento che la spinge ec.»

* E di fatto Emy ha notato: *Quelle que soit l'intensité du vent, elle ne produit qu'une nouvelle ondulation qui croise celles existantes, et il n'en résulte qu'une ondulation multiple.*

203. * « L'impressione de'moti fatti dall'acqua infra l'acqua sono più permanenti che l'impressione che essa acqua fa infra l'aria ec. »

* Un esempio riportato da Bremontier conferma questo fenomeno. Delle pietre di 150 a 1200 libbre vennero trovate *poussées de plusieurs pieds, la mer étant calme.* Le vere *ras de marée* delle Antille possono anche esse avere analogía col succitato fenomeno; esse hanno un effetto *très-remarquable,* avverte Emy, *sans que le vent paraisse y prendre part,* e quantunque il mare del largo abbia *une apparence de calme.*

204. * « L'onda quanto più si muove più si abbassa, e più si dilata e più si fa veloce, ec. »

* *Les ondes,* nota Fèvre, *qui diminuent de hauteur, augment presque toujours en même temps d'amplitude, à mesure qu' elles s' éloignent du centre d' agitation.* E Cauchy ha concluso che: *Le mouvement des ondes n' est donc pas uniforme, ainsi que M. Lagrange l'a supposé dans sa Mécanique analytique, mais uniformément accelèré* (130).

205. * « Noi vediamo il mare mandare le sue onde verso terra, e benché l'onda che termina colla terra sia l'ultima delle compagne, e sia sempre scavalcata e sommersa dalla penultima, nondimeno la penultima non passa di là dall' ultima, anzi si sommerge nel luogo dell'ultima. Essendo così sempre questo sommergimento di continuo moto dove il mare confina colla terra, è necessario che dopo quella sia un contrario moto in su il fondo del mare, e tanto ne torni di sotto inverso la cagione del suo movimento, quanto esso motore ne caccia da sé dalla parte di sopra ec.»

* Questo contrario, ma ben spesso soltanto opposto, moto forma *sur le fond des courans de retour , vers le large , qui repoussent les bourrelets de sable et galets, et les maintiennent quelquefois à de grandes distances qui dépendent de la violence habituelle des flots de fond,* siccome Emy ha avvertito.

206. * Il fin qui letto è quanto io registrai nel 1853, e nulla più oggi vi aggiungo , sì perché nutro tuttavía speranza che penna idonea , pigli il carico di riordinare e compire coi manoscritti tanto insigne ed util opera; e sì ancora perché nel corpo di questa mia scrittura più volte dovrò ricorrere all' intero testo del gran libro di Leonardo, come ora trovasi pubblicato.

* Chi intraprenderà questo lavoro vedrà sempre più confermata la sentenza del Venturi, così espressa : *Il faut placer Léonard à la tête de ceux qui se sont occupés des sciences physico-mathématiques et de la vraie méthode d'étudier parmi les modernes.*

207. * Avanti di lasciar questa rivista credo dover aggiungere che tra i tanti egregi scrittori da me prodotti nel quadro delle diverse scuole, mio desiderio sarebbe stato di annoverarne degli altri non meno dotti ed autorevoli, come l'Arago, il de Beaumont, il Calver, il Chevallier, il Duperrey, il Frissard, l'Horbourgh, il de Humboldt, il Lamblardie, il Le Gras, il Maury, il Minard, il Monnier, il Paris, il Reibell, il Romme, il Secchi, lo Sganzin, lo Spallanzani , il Walker ed altri ancora. Ma per bisogno di brevità ho creduto che il luogo da essi non fosse il quadro. Nondimeno gli uni e gli altri citerò , e più volte , nel corso del lavoro, quando mi abbisognerà rinfiancare le opinioni mie colla loro autorità.

ARTICOLO NONO

RISULTAMENTO

208. Dallo studio delle opere che mi han servito ad abbozzare il quadro, ricavo che il maggior numero degli autori che hanno scritto su di questa materia, nel qual numero sono compresi anche dei più dotti, non ammette mai moto di trasporto nella

propagazione dell'onda. Un piccolo numero sostiene che questo moto esiste e sempre nella superficie quando soffia qualunque vento : avvi pure chi lo ammette anche senza vento : alcuni altri vogliono che il moto di cui si tratta , si svolga soltanto nello strato inferiore dell'onda , quando questa incontra uno o più risalti: altri in fine credono che il moto stesso abbia effetto nei luoghi di poco fondo o molto prossimi al lido, o, per meglio dire, quando l'onda è franta..

209. Io invece ritengo che il moto di trasporto esista sempre nelle tempeste, qualunque sia la profondità del mare ; e che esista pure coi venti moderati , solamente però dove lo svolgimento inferiore, o laterale o di fronte, dell'onda trova inciampo, qualunque sia la distanza dal lido. Ritengo ch'esso si comunichi a tutta la massa che costituisce l'onda, quando essa non può liberamente svilupparsi. e che la sua azione sia massima sul fondo del mare e minima alla superficie, quando l'acqua è relativamente poco profonda e l'onda non è infranta: quando è infranta accade il contrario. Ritengo in fine che i suoi effetti siano più o meno apprezzabili in ragione della natura e forma dell'ostacolo incontrato , del volume della massa fluttuante e della velocità di propagazione di essa. Questi effetti debbono inoltre divenire molto complicati , e produrre tutta quella serie di fenomeni, e potentissimi, che vediamo verificarsi nelle coste, nei moli e nelle spiagge : cioè i fenomeni di riflessione, di accorciamento, di risacca e di onde titubanti, come le chiama Leonardo (il *clapotage* de' francesi); quelli di azione diretta, e di alto in basso ; quelli prodotti dalle disugguaglianze de' massi, nelle quali, siccome in angoli rientranti, l'azione del mare si concentra e può acquistar moltissima violenza, e quelli in fine delle onde frante e de' frangenti. Dunque io mi trovo o in questa o in quella parte d' accordo con tutti , ma col solo Leonardo posso credermi in accordo dovunque.

210. Veggo bene quanto sia grave il dissentire in tutto o in parte da uomini di tanto valore, di sì alta riputazione, come sono Laplace, Cauchy, Poisson , Bremontier , Emy, Virla; Newton, Lyell , Rennie , Airy , Stevenson ; Juan ; Kant ; Montanari , Zendrini , Borelli, Lagrangia, Tadini , Venturoli , Paleocapa ed altri. Ma « lo stesso Aristotile, diceva Galileo, mi ha insegnato

quietar l' intelletto a quello, che m' è persuaso dalla ragione e non dalla sola autorità del maestro; ed è verissima la sentenza d'Alcinoo, che il filosofare vuol esser libero ». Quindi con le parole del Frisi dirò anch' io: *l' autorità può aver luogo nelle materie di semplice erudizione: la filosofia non cammina che sulle tracce dei fatti e della ragione.* E nel caso presente trattandosi di cosa intorno all' arte mia, mi credo in obbligo di esporre francamente il mio pensiero, e di rincalzare quelle ragioni che, dedotte dalla considerazione di alcune cause e dalla osservazione di alcuni effetti, mi conducono a pensare diversamente. Se si troverà del vero nelle mie idee, avrò il piacere di avere arrecato la mia pietra all'edificio della scienza in cosa tanto studiata teoricamente: troppo poco, secondoché a me sembra, praticamente. Perciò tuttora controversa. E se mi sarò ingannato, l' inganno somministrerà ad alcuno occasione di correggermi; e dalla discussione stessa almeno sorgerà una qualche luce a rischiarare l' oscurità in cui la materia trovasi tuttavía ravvolta.

Arroge che io ho meno in mente di persuadere che di far pensare: il mio principale scopo è quello di invitare altrui a trattare un soggetto importante, troppo trascurato finora, e nella parte veramente utile ai bisogni materiali della vita.

211. * « *Mais il est une triste vérité qu' il faut bien reconnaître*, nota Le Hon, *c'est l'hostilité que recontrent chez la plupart des savant les découvertes nouvelles. — C'est un malheur, s'écrie M. Pelletan dans un de ses ouvrages, que des faits nouveaux on ne peut plus remarquables, mais n'entrant guère dans aucun système théorique accrédité, soient en général laissés de côté ou fort négligés, probablement parce qu'ils dérangent l'ensemble des explications reçues, ou ne s'y prêtent pas facilement. On considère ces sortes de faits excentriques comme des importuns, qui viendraient troubler la tranquillité d' esprit d'un savant bien assuré de la bonté de sa théorie. —* »

* Tuttavía l' indicato mio invito ha già avuto l' onore di essere stato accettato, per quanto io so, da otto nomi chiarissimi quali sono quelli di Murchison, di de Caligny, di de Tessan, di Ponzi, di Rossi, di Paleocapa, di Guglielmotti e di Brighenti, come di taluno già dissi e degli altri dirò.

CAPITOLO SECONDO

MOVIMENTO DELLE MOLECOLE NELLA MASSA CHE COMPONE L'ONDA —— ERRONEO PRINCIPIO DA CUI SONO DEDOTTI I FENOMENI DELLE ONDE — DIFFINIZIONE DELL'ONDA IN ALTO MARE E CENNO DI DUE CASI INTORNO ALLA ESSENZA DEL MOTO DI ESSA —— OSSERVAZIONI GENERALI SUGLI EFFETTI DEL VENTO IN MARE —— EFFETTI DEL VENTO NEI TEMPI ORDINARI CONTRO LE CORRENTI — CONTRASTI DI CORRENTI FRA CORRENTI IN GRANDE PROFONDITA' DI ACQUA — EFFETTI DELLE ONDE CONTRO LE CORRENTI — CONTRASTI DI ONDE FRA ONDE — RISULTAMENTO —— AZIONE DEL VENTO NELLE GRANDI TEMPESTE SULLA SUPERFICIE DEL MARE — POTENZA DELLE ONDE CONTRO I BASTIMENTI IN NAVIGAZIONE — EFFETTI DEL VENTO CONTRO LE RIVE.

ARTICOLO PRIMO

MOVIMENTO DELLE MOLECOLE NELLA MASSA CHE COMPONE L'ONDA

212. Comincerò dal dire, che nel moto delle molecole nella massa ondeggiante, o sia esso rigorosamente verticale in guisa che un' asta immersa verticalmente nel mare e libera di sé non abbia altro sforzo a sostenere che la pressione prodotta dal contatto e dall'attrito dell' acqua quando questa si abbassa e s' innalza; o sia oscillante a similitudine di quello de' pendoli; o sia di vaeviene analogamente all' altro nei rami verticali ed orizzontali de'sifoni; o sia orbitale come il moto di un satellite attorno al suo pianeta e di questo attorno al sole; o in fine

sia oscillatorio nelle regioni inferiori, ed orbitale in quelle superiori, dovranno, a mio giudizio, tenersi a calcolo due cause, la cui influenza non è stata fin qui avvertita, per quanto io mi sappia.

213. La prima è il giuoco di quel numero infinito di molecole di acqua, che, raffreddate a cagione della evaporazione e nelle notti per via di irradiazione, precipitano in ragione del loro eccesso di gravità specifica. Infatti atteso la poca forza conduttrice de' liquidi, l'equilibrio idrostatico non si stabilisce che col prodursi delle correnti discendenti ed ascendenti derivanti dalla dilatazione maggiore, che conservasi nelle molecole degli strati inferiori a confronto di quelle raffreddate alla superficie, segnatamente se il cielo è sereno, se l'aria è calma, e, regnando vento, se questo si propaga per aspirazione; quindi diventando le molecole superiori più dense, si precipitano e vengono surrogate da quelle inferiori meno dense. Vero è che durante l'agitazione delle onde, mantenendosi le molecole in continua mescolanza ed in continuo attrito fra loro, il raffreddamento dev'essere minore che a mare calmo; nondimeno io porto opinione che questo fenomeno non debba trascurarsi, perché non sempre la superficie dell'onda è in trambusto, e perché esso segue una legge di moto prodotto da causa differente da quella che muove le molecole costituenti l' onda.

214. La seconda causa è un fenomeno, il quale deve avere ben più importante influenza nel moto delle molecole nell'onda. Nei luoghi ove esistono correnti, ed in quelli ove esse si generano per l'azione di quel vento istesso che ha formato le onde, si ha un moto di massa nel verso orizzontale, di profondità differenti proporzionate alla causa da cui derivano. Ora, questo moto deve alterar quello qualunque delle molecole che costituiscono l' onda. Secondo quanto ne dice C. Conti in caso di *acqua che regolarmente trascorre*, le onde si propagano *come in tranquillo stagno* e camminano colla corrente che le porta. « Locché significa che ogni particella nel mentre soddisfa al moto ondulatorio derivante dallo scuotimento, continua poi la sua uniforme velocità »: anzi Leonardo ci aveva già inoltre avvertiti che in questo caso « l'acqua farà ovata ondulazione di due moti, cioè retto e circolare; e la ragione è, che tale ondu-

lazione circolare viene impedita per parte di sopra del fiume dal moto incidente della corrente che la spinge a basso, e dalli lati è sospinta dalli moti riflessi dell'argine, e per la parte inferiore del fiume per non essere impedita nel suo moto retto va circolando, insintantoché l' impeto suo si consuma ec. » Ma le onde, di cui qui parlano il Conti ed il Leonardo, sono prodotte dalla caduta di un *sassolino*, o di un *sasso*, e non già create da vento prolungato e forte, la cui azione sopra le molecole dell'acqua si deve comunicare anche nel verso verticale, e molte volte a profondità molto al disotto dello strato dell'acqua che per corrente trascorre orizzontalmente.

215. Dunque tutto ciò dovrà entrare nel calcolo; ma io non mi tratterrò su questa parte della costituzione dell' onda, ché una compíta teoría ed una sufficiente esperienza ci mancano. Quindi limiterò le mie investigazioni sul complesso del moto ondoso e sugli effetti di esso in tutto quello che ha immediata relazione colla pratica e nei limiti spettanti alla nautica ed all' idraulica.

216. * La geología potrà anch'essa trovarvi la sua parte.

217. Il moto ondoso inoltre degnamente prenderà posto fra le altre osservazioni di meteorología nautica, che la non mai abbastanza lodata *Conferenza marittima tenuta a Brusselles* nell'agosto e settembre del 1853 ha divisato di studiare, secondo lo spirito umanitario-scientifico-commerciale del benemerito suo primo promotore Maury (1).

* E di fatto leggo che in detta Conferenza si è stabilito di fare *observer la hauteur des lames, leur amplitude et leur vitesse*; ma manca tuttavía di un dato essenziale, quello cioè della

(1) È noto il nobile scopo di questa Conferenza, cui assistettero i rappresentanti di molto marinerie, come può rilevarsi da una comunicazione di Quetelet inserita nella *Corrispondenza Scientifica di Roma* dèl 5 gennaro 1854 num. 1. La nostra marineria è stata delle prime ad essere posta in caso di convenientemente concorrere a quello scopo con le sue osservazioni fisiche in virtù della *Istruzione per compilare il giornale meteorologico indicato all'art. 7 della Notificazione dell'8 gennaro* 1855, emanata dalla eccnza. revma. di monsignor G. Milesi ministro del commercio e lavori publici. Io sono sicuro che i capitani si adopreranno con zelo e perspicacia per corrispondere alle provvide viste del governo, e fare onore al paese ed a sé stessi.

forza delle onde nel trasporto dei galleggianti in alto mare e presso il lido. Punto principalissimo che io mi studio dimostrare.

ARTICOLO SECONDO

ERRONEO PRINCIPIO DA CUI SONO DEDOTTI I FENOMENI DELLE ONDE.

218. Il maggior numero degli autori, che hanno parlato delle onde, prendono per esempio quelle che si formano circolarmente per effetto della caduta di un corpo in un liquido; ma il flutto prodotto nella superficie del mare dall'azione del vento, il quale la percuote in un angolo di circa 18° coll'orizzonte, è di altra natura. Quell'azione verticale del corpo caduto, e quella serie di onde circolari sono poco comparabili all' agitazione del mare che ha sempre per causa prima i venti, e le cui ondulazioni si succedono presso a poco in linee rette, parallele e sovente estese di più leghe senza interruzione. Io denominerei artificiale quell' azione e quelle onde, e penserei che gli effetti loro potrebbero solo servire a rendere ragione di alcuni fenomeni che chiamerei secondarî. E quindi reputo che non debbansi confondere e generalizzare coi fenomeni de' flutti propriamente detti quelli dedotti dalle semplici ondulazioni o crespe circolari, nelle quali le forze molecolari e l'elasticità esercitano un' influenza molto grande, mentre l'azione esteriore (e quasi sempre continuata) del vento non vi ha parte alcuna.

219. Così non posso neppur convenire interamente con coloro, che stimano legge generale del moto delle onde i fenomeni che si osservano quando esse, provenienti dal largo, si propagano a ridosso del vento e in un bacino relativamente profondo, ove, in superficie tranquilla, si svolgono liberamente. Io credo che in ogni luogo ed in ogni tempo il vento, se percuote le onde, debba influire sopra i fenomeni di esse, e credo che molta influenza debba avere in questi il non libero svolgimento della massa ondeggiante. L'azione del vento e la reazione del fondo del mare dovranno dunque essere principalmente studiate da chi vuole render ragione degli effetti delle onde: ed in questi studî non bisogna fidarsi molto de'risultamenti ottenuti da esperienze fatte

in piccolo, le quali quasi mai non si trovano confermate dalla natura, specialmente quando si tratta di liquidi e di fluidi. *Toutes doivent être appliquées en grand, et vérifiées à la mer, avant que leur solution soit considérée, comme complète,* ripeteva, in ricerche simili, con molta ragione Thibault.

220. Per alcuni fenomeni convengo col de Caligny che, nello stato attuale delle nostre cognizioni, è molto difficile, *pour ne pas dire impossible,* di fare delle osservazioni *directes;* ma credo che si giungerà più facilmente a scoprire ovunque la verità col vedere, raccogliere e studiare lunghe serie di fatti sviluppati dalla natura nel libero esercizio delle sue forze, che coll'attenersi ai fenomeni artificiali. * Tuttavía non intendo di escludere l'uso dello studio dei fenomeni prodotti in canali artefatti « *où,* dirò con lo stesso de Caligny, *il est facile d' isoler chacun des phénomènes que l'on y peut produire* » : senza però, come aggiunge lo stesso autore, « permettersi di attribuir loro troppa generalità prima di conoscere *en grand quelque chose de suffisamment analogue.* »

221. Dopo di avere per lungo tempo studiato nel gran libro del mare, dopo di aver tranquillamente meditato sulle cose in esso vedute, e dopo di aver consultato le opere di accreditati osservatori, in guisa che il risultamento possa qualificarsi un lavoro comune a gran numero di marini, di geologi e d'idraulici: un'accurata analisi di tutti i fatti che si congiungono ai fenomeni naturali, ed una sapiente sintesi, nella quale i diversi ordini de' fatti sieno aggruppati, ove esse sorgano senza spirito di sistema, devono condurre al vero. Questa è la via che mi tracciai, e che, per quanto da me potevasi, ho battuta; ma ben sento di essere rimasto troppo lungi dalla mèta; e perciò ho apertamente dichiarato a che precipuamente miro nello scrivere (210).

ARTICOLO TERZO

DIFFINIZIONE DELL'ONDA IN ALTO MARE E CENNO DI DUE CASI INTORNO ALL'ESSENZA DEL MOTO DI ESSA

222. L'onda in istato normale può virtualmente considerarsi come composta di due piani egualmente inclinati. Quindi,

se mal non mi appongo, si può ritenere con Bremontier e con Virla, che un galleggiante (io preferisco dire un bastimento) nell'ascendere l'uno e nel discendere l'altro di quei piani si trovi per la legge della gravitazione ritardato ed accelerato in modo che, se altra causa qualunque non lo spinga, deve restare nello stesso punto, senza aver partecipato al moto di propagazione dell'onda. Ma dopo ciò mi fo sollecito di avvertire che in pratica non credo indifferente cosa aver l'onda favorevole o contraria alla direzione che il bastimento deve tenere, specialmente quando essa è corta ed alta.

223. La forma curva della carena del medesimo, ed in continuato movimento, riceve una serie di urti dal moto di ascensione delle onde (ritenuto anche che le molecole non descrivano orbite) le cui componenti orizzontali tendono a spingerlo a seconda della propagazione dell'onda. Ma la potenza risultante dai detti urti è ben lungi dal produrre l'effetto d'imprimere al bastimento quella velocità colla quale le onde si propagano, ed alla quale l'arte nostra non potrebbe opporsi, come pur troppo ci accade nei casi di violenta tempesta, o in quelli di venti anche moderati: in questi però presso le spiagge soltanto.

224. * Questi due casi qui appena accennati, meritano speciale studio, come segni di un gran fatto, e perché racchiudono l'occulta e precipua cagione dei più grandi errori e delle più tristi conseguenze nella navigazione. Quindi di somma importanza sarà lo scoprire la natura di essi e il proporre il modo di provvedervi: il che forma la principale parte delle mie presenti investigazioni di pertinenza alla pratica del marino. Ma avanti di entrare direttamente in merito seguirò l'esempio del Secchi, cioè prima esporrò i fatti, indi trarrò le conclusioni.

ARTICOLO QUARTO

OSSERVAZIONI GENERALI SUGLI EFFETTI DEL VENTO IN MARE

225.* Egli è già trascorso un secolo da che nella gran raccolta dei viaggi, pubblicata in Francia dal Prevot, in una delle utili rubriche, sotto la voce francese *Reduction*, si leggeva:

* « *C'est une observation commune à tous les gens de mer,*

que partout où les vents reglés dominent, le courant est reglé par le vent, et prend la même direction.»

* Circa sessant'anni or sono un coscenzioso e laborioso libro sugli effetti dei venti e delle correnti si compilava da Romme, e in esso si leggeva e si provava pure *que les mouvemens de la mer sont soumis à l'influence des vents et varient en raison de leur force et de leur direction.* »

* E nelle più recenti opere dei nostri giorni si confermano questi stessi effetti. Tuttavía avvi pur sempre chi si oppone all'applicazione pratica delle conseguenze degli effetti medesimi.

* Ciò sia significato come osservazione generale sull'effetto del vento alle superficie del mare: passiamo agli effetti speciali.

226. * I venti non solo sulle deboli maree del Mediterraneo hanno notevole azione, « essi, dirò con le parole di H. Lecoq, *ont aussi sur les marées de l' Océan une influence considérable qu'il est impossible de prévoir.* » I fatti che provano, osserva l' Arago, che un vento forte e continuato innalza il livello del mare lungo le rive *vers lesquelles il tend à refouler les eaux*, sono *incontestés et incontestables*: e però io crederei di abusare soverchiamente della pazienza del lettore qui registrandone una lunga serie, quindi mi limiterò a notarne alcuni soltanto.

227. * Romme ha significato che *les vents du nord produisent toujours de grands marées dans la Tamise* :

* Che nel paraggio di *Rocher Wolf*, in generale, i venti di S.O. *et les gros temps* fanno innalzare le maree all' altezza di 30 piedi, *tandis que les malines ordinaires sont de* 20 *pieds*:

* Che una corrente costante porta verso *le Cattegat*, e da quivi verso il mare di Allemagna, passando per il *Sound*. Il vento di N.O. *réagit contre* ed innalza il livello del mare *dans les havres*:

* E che in *Barnstable* il vento fa variare l'ora e l'altezza *de la pleine mer*.

228. * Nell' isola di *Warion*, chiamata *Toud* dai naturali, Dumont d'Urville notò che per la forza dei venti regnanti *qui refoulaient les eaux dans l'ouest*, il mare cominciò a rimontare prima di avere raggiunto il suo più basso livello; e questo fenomeno salvò l'*Astrolabe* da cattiva incagliatura.

229. * John Ross in una baja del mar glaciale osservò che la marea, ascesa al suo massimo, restò tutto il giorno quasi alla stessa altezza, « ciò che prova, egli soggiunge, l'effetto che il vento produce su di essa, come noi l'abbiamo già osservato più di una volta. »

230. * John Rennie ha registrato che nelle maree del golfo di *Plymouth* i venti esercitano una grand'influenza. Le più alte sono causate dai venti S.S.O., e le più basse all' opposto dai venti di settentrione, i quali limitano l'altezza della marea da 6 o 7 piedi: la media ordinaria è di 15 a 16 piedi, e le straordinarie s' innalzano sino a piedi 18. 6.

231.* E Givry, che « *suivant les pilotes de Calais*, la durata della corrente del flusso alla superficie del mare, dinanzi l'entrata del canale, *dépend de la force et de la direction du vent. Par de grands vents d'aval*, questa durata si protrae qualche volta 4 e mezzo o 5 ore *après le moment de la haute mer dans le port*; mentre che con i *grands vents d'amont* essa non è che di una e mezza o due ore *après le même moment.*

232.* « Secondo questi stessi marini, *en morte eau, lorsqu' il vente grand frais de l'O.S.O. à l'O.N.O., la marée ne reverse pas*; cioè la corrente alla superficie del mare, *paraît toujours suivre la même direction.* »

233. * « In effetto, dice il Keller, sotto l' impulsione del vento *les molecules de la surface peuvent être refoulées vers la côte pendans la marée baissante*, ma quelle inferiori obbediscono non solo alla corrente della marea, ma ancora *à l'excès de la pression produite par les eaux accumulées par le vent sur le rivage.* »

* E qui io credo bene di aggiungere che queste molecole inferiori nel ritorno verso l' alto mare non seguiranno la loro ordinaria direzione quando il mare è agitato dai flutti: in questo caso la corrente da essi prodotta può giungere a dominare quella della marea, e l'una e l'altra saranno obbligate a defluire lungo la riva a sottovento, cioè lungo la linea di minor resistenza, come sarà dimostrato in appresso.

234. * Arago pensa, che « *dans nos mers, en général*, non debba portarsi al disopra dei due metri, l'effetto *maximum résultant de l'action des plus fortes tempêtes.* » Vedremo in seguito

che l' indicato effetto, per alcuni siti, va ben al di là di questa misura nelle straordinarie tempeste, ed anche nel mar Mediterraneo.

235. Il Paoli insiste, ed io ne ravviso il bisogno, in dimostrare che il vento deve come incarnarsi coll' acqua che prende forma di onda, non solo per l'attrito o fregamento propriamente detto, ma per l'adesione ancora: dappoiché pur troppo, come abbiamo veduto (208) e come accenna anche Minard, vi sono persone elevatissime in scienza, dalle quali si è pensato che non solamente in alto mare e in casi di tempesta, ma neppure presso il lido i flutti abbiano moto di traslazione progressiva in massa per effetto del vento. Quindi io ripeterò col de Rossel: *Toute impulsion prolongée doit comuniquer un mouvement à l'eau de la mer, et déterminer un courant.*

236. Come escludere si possa ogni moto di trasporto nelle onde prodotte dall'impulso di un vento fortissimo e prolungato, ed anche quando la massa ondeggiante non trova più libero svolgimento per difetto di profondità nell' acqua io non l' intendo. Eppure si esclude: ed intanto la fiducia ispirata da quegli scienziati ha forse compromesso la sicurezza di molti bastimenti e la conservazione di molti porti! A quanto il Paoli ha detto sull'influenza del vento, mi si permetta che qui aggiunga altri fatti, giacché quello che egli ha detto e dimostrato non ha persuaso ancora.

237. È noto che il vento, come osserva Huot, caccia le acque dell' Oceano indiano nel mar Rosso, e che quivi, al dir di lui, si trovano, a marea bassa, 8^m, 12 più alte del livello del Mediterraneo; differenza invero esagerata, ma che ridotta anche alle esatte misure di Bourdaloue, 2^m,61, od a quelle forse anche più esatte di Linant-Pascià e Mougel-Bey, 2^m, 43, resterà sempre di sensibile valore per la ricerca che mi occupa. Né può quivi questa differenza accagionarsi ad altra causa, avendo il mar Rosso il suo asse principale diretto pressoché al nord ed al sud; e che il vento vi produca un tal fenomeno chiaro ce lo dimostrano le osservazioni di Stafford-Bettesworth Haires e quelle di C. de Kerhallet.

* « *C'est un fait bien constaté*, il primo più chiaramente dice, *que l' effet des grands vents de S. pendant les mois de*

décembre, janvier, février et mars, est d'élever le niveau de la mer Rouge dans sa partie septentrionale, et qu'au contraire, ce niveau s'abaisse de plusieurs pieds en juillet, août et septembre sous l'influence des grands vents de *N.N.O. qui enfilent le détroit. Une preuve de ce phénomène, c'est que le banc Durable, quoique situé au milieu de la mer, est, à une certaine époque assez à sec pour que l' on puisse y planter une tente, tandis qu' il est, à une autre époque, recouvert par les eaux. On peut encore observer cette différence de niveau sur les récifs de corail, près le Jiddah.* »

238. Si sa che la celebrata corrente littorale del mare Adriatico viene, secondo che ha registrato il Marieni, « non poco alterata dai venti gagliardi, particolarmente allorché vanno mancando dopo aver soffiato per due o tre giorni, producendo questi in tal caso una corrente contraria alla generale, ovvero accrescendone la forza ». Fenomeno che verificasi anche nel Tirreno, come si mostrerà in seguito.

239. È noto che Bayfield ha fatto vedere, che un vento di tempesta rompe per qualche tempo la celebre corrente del golfo del Messico (*Gulf-stream*) e ne mescola le acque con quelle più fredde e più profonde: e che W. C. Redfield è indotto a concludere che di buon tempo e di mare tranquillo la larghezza termometrica di detta corrente può esser molto più grande che nei cattivi tempi, e che essa è molto più stretta nei suoi limiti dopo una gran tempesta.

240. Si sa che il vento è atto a produrre una specie di marea lungo le coste e nel fondo de' golfi: ch' esso ha potenza pur anche di produrre delle sensibili variazioni accidentali nelle vere maree dovute all' attrazione della luna e del sole, in guisa che quelle delle quadrature possono essere tanto alte, e più alte ancora di quelle delle congiunzioni, come per l' Adriatico dedusse Toaldo dal giornale meteorologico tenuto dal Temanza, e come Smeaton ha osservato per l' Oceano.

241. È noto che per effetto del vento si ha dislivello nelle acque de'laghi, come avvertì il Castelli, e con ripetute osservazioni ha confermato il Lombardini: che per il vento, come riferiscono Franklin e Rennell, le acque di un gran bacino, largo 10 miglia e profondo 90 centimetri, si erano tutte accumulate da una parte,

per modo che in questa vi erano circa 2 metri di profondità, mentre che nella parte opposta, cioè in quella donde veniva il vento, il bacino era a secco: che per esso nel mare di Azof, quando soffia violento da est, l' acqua ritirasi in tal notevole modo, che al popolo di *Taganròk* è permesso di effettuare il passaggio a piede asciutto alla costa opposta (*on dry land to the opposite coast*) situata a circa 14 miglia distante; e cambiando vento, il che accade istantaneamente, le acque ritornano con tal rapidità al loro naturale letto che molte vite si perdono e de' piccoli legni naufragano, come racconta E. D. Clarke.

242. È noto che il vento è una delle cause precipue delle vaste correnti *costanti* da Colombo per tali classificate, e da A. de Humboldt qualificate *per veri fiumi che solcano i mari* e scorrono isolati fra liquide sponde che pochissimo o nulla partecipano al loro moto, come notano pur anche Maury e Secchi: che il vento è la causa unica che produce le correnti *periodiche* e quel numero infinito di *momentanee* generate dai venti forti e prolungati anche nei mari freddi, ove le acque essendo più pesanti tardano più che nei mari caldi ad obbedire all' impulsione.

243. * De Chabert registra *qu' aux endroits où les vents sont variables, comme dans les Moussons; les courans le sont aussi dans le même temps.*

244. * Lo stesso navigatore registra ancora che: *Les marées sont assez reglées dans le détroit de Fronsac, cependant les grands vents qui ont régné, soit du côté de l' Océan ou du golfe de Saint-Laurent, le font rapporter davantage, et avancent ou retardent quelquefois les flots et les jusant.*

245. * È noto che il vento cambia e rovescia la direzione non solo delle correnti periodiche, ma anche delle costanti.

* De Humboldt, difatto, dichiara in genere che *la force des vent parvient à dompter celle des courans.*

* E Basil Hall nota in specie, in uno dei suoi viaggi, che « nel passaggio del Capo di Buonasperanza, tre violenti colpi di vento *se succédèrent avec tant de rapidité la semaine suivante, que non seulement la direction du courant, mais encore sa force, furent changées; et au lieu de se porter vers l' ouest, comme dans les temps ordinaires, il se dirigea vers le sud-est.* » Ma di questo importante fenomeno dirò nel seguente Articolo.

246. È noto che quantunque il vento non ritardi tanto le acque correnti de' fiumi quanto voleva il Castelli ed anche il Guglielmini (benché in grado molto minore), sembra però *certo, che agisce contro il corso di essi, e li obbliga a maggiori rialzamenti*, come ha dimostrato il Zendrini.

* Il Comoy ha notato che dalla foce del *Cher* ad *Orléans*, quando i venti spirano con qualche inflessione verso sud, infilando il tronco della Loira pressoché rettilineo, *l' altezza della piena sarebbe in parte dovuta all' azione dinamica del vento opposto alla corrente*. Il Lombardini, che ha registrata questa osservazione del Comoy, soggiunge: *Un effetto simile rilevai io pure sul tronco del Po Cremonese*, e ne dà le prove.

247. Che secondo la direzione del vento cambia nel mar Caspio e nel Sund il peso specifico e la salsezza dell' acqua pel trasporto che imprime alla massa liquida.

248. Che il vento forma e trasforma con *étonnante rapidité* delle onde di 6 a 8 metri di altezza e di 100 a 150 di lunghezza, come ha registrato de Tessan: ch'esso è causa prima che pone in moto ondulatorio masse di acqua anche più enormi, colle quali si formano marosi di 10 a 20 metri e più di altezza, di 300 a 400 metri di lunghezza e di oltre 30 miglia l'ora di velocità di propagazione, come sarà a suo luogo provato (1): che esso *veste l'onda massima d' innumerabili altre onde, le quali si muovono in diversi aspetti*, come ha osservato Leonardo: che ne mozza le creste e ne trasporta l' acqua a guisa di polvere: che cotesti marosi, come sanno i marini, e come Reibell ha notato, sono *bien plus élevées et plus dangereuses*, quando il vento soffia da terra che quando esso è *dans le même sens que l' ondulation*: * che Bridet ebbe a registrare il fatto di un bastimento le cui *voiles ont été emportées en lambeaux sur les cargues, serrées et rabattrées avec les drisses de bonnettes*: che il vascello l' *Eyleau*, ci dice il Pagel comandante di esso, subì una furia di vento, la di cui forza era sí *bruyant que*, *chose étonnante, les mâts de hûne sont tombés sans que nul à bord*

(1) In tutta questa Memoria intendo parlare di miglio nautico, il quale è di 1851^{m}, 85. La velocità di un metro per secondo di tempo corrisponde a un miglio e 94 centesimi per ora.

les ait entendus craquer: che talvolta la forza del vento *Pamperos* è giunta a lanciare de' piccoli ciottoli sui bastimenti distanti sette ed otto miglia da terra, siccome registra Rodriguez sull' autorità del signore di Roussin; e niuno ignora che ha possa di abbattere alberi e di scoperchiare edifici.

249. Né ciò è tutto; perché, quantunque l'esperienza richiesta dal Van-Beek sulla facoltà dell'olio di sedare le acque del mare agitate dalle tempeste non abbia sortito il pieno effetto che si proponeva, pure (e nel limite che sono per dire conviene anche il Frisi) per me non vi ha dubbio ch' egli abbia ragione di sostenere, che per quella sorta di membrana, in che gli olî e le sostanze grasse si conformano alla superficie dell' acqua, i venti cessano di esercitare quell' adesione, quella sorta di affinità naturale, che ha effetto fra l' aria e l' acqua.

250. * Di fatto Vancouver ebbe a notare che presso la punta della Concezione (parte sud della Novella Albione) una *dissolution de goudron semblait flotter sur le vagues*, e coprire l' Oceano in tutta l' estenzione del nostro orizzonte: *il en resultait que nos environs se trouvaient peu agités.*

* Credo che qualche materia di questa natura doveva essere stesa sulla superficie del mare quando de Krusenstern ebbe a scrivere nel suo Giornale: « Noi avemmo per tre giorni vento di sud *très-frais*, il quale, malgrado la sua forza, *n' élévait pas la moindre lame.* Il mare era *aussi tranquille que dans une baie.* »

E Pouillet, sulle osservazioni dello Scoresby intorno alla formazione de' ghiacci in alto mare, dice: *Dès que les prémiers embryons des cristaux deviennent perceptibles, la mer se calme comme si l' on avait répandu de l' huile à sa surface.*

251. * « *Mais*, avvertirò col de Tessan, *mais l'huile* non oppone alcuno ostacolo alla propagazione delle onde *formées ailleurs*; soltanto, diminuendo considerabilmente *la prise du vent sur l' eau dans le lieu où elle est répandue, elle peut* efficacemente opporsi all' ulteriore accrescimento dei flutti in questo luogo, *et diminuer d' une manière avantageuse aux bâtiments la vitesse de trasport que le vent imprime à la crête des lames qui déferlent, ou même empêcher celle-ci de déferler.* »

252. Io non citerò inoltre Aristotile, Plinio, Plutarco, Donati,

Franklin, Lelyveld, Kant, Weber ed altri d' accordo in tutto o in parte col citato Van-Beek, ma solo ricorderò, che i pescatori di ogni paese coll' uso dell' olio ottengono la cessazione dell' increspamento prodotto dal vento sulla superficie del mare, e possono così vedere nel fondo e pescarvi. Né basta ancora.

253. È noto che al sud-ovest delle Azores esiste una zona di erba marina galleggiante (*Sargassum bacciferum*) di superficie equivalente a quella della Francia, e molto più vasta ancora, secondo il Meneghini; anzi, *les deux groups et la bande transversale qui les unit*, sono *six à sept fois grand comme la France*, conforme avverte de Humboldt. Questo Mararboso, questo prato galleggiante, composto di erba secca e fresca, come notò Colombo, dopo essere stato da molti naviganti ripetutamente osservato con speciale cura per oltre 40 anni, il Rennell ha trovato che *non cambia di posto né in latitudine, né in longitudine*; e de Humboldt, discutendo le sagacissime osservazioni di Colombo, ha fatto risalire questa notevole circostanza d' immobile situazione alla fine del quindicesimo secolo.

254. Arago, parlando di questo *mer de varec*, si fa a richiedere che « si spieghi *à l' aide de quel artifice, sur une aussi grande étendue de mer, les eaux échappent si complètement à l'action des vents et des courants*, di modo che più centinaja di anni *n' aient pas suffi à l' entière dispersion des plantes qui s' y trouvaient rassemblées à la fin du 15^me^ siècle lorsque les caravelles de Cotomb les sillonnèrent pour la première fois.* »

* A questa domanda dell'Arago, per quanto è a mia notizia, non si è risposto fin qui in modo soddisfaciente per me. A me sembra poter rispondere conforme ai fatti, e nel tempo stesso venire per analogía a rincalzare gli effetti prodotti dall'olio e da altre sostanze interposte fra l'acqua e l'aria.

255. Lunga esperienza ha provato, che questo immenso ammasso di erba trovasi fuori del citato *Gulf-stream* e di ogni altra corrente costante. Eguale esperienza ha pur anche provato, che nei paraggi che abbiano superficie uguale, o più o meno estesa di quella del Mararboso, e come questa privi di corrente costante, col soffiar dei venti si creano le correnti periodiche o momentanee (235 a 280). Ora perché, essendo tutte le altre condizioni

eguali, non si creano eguali correnti nel prato marino? È mio giudizio, che questo diverso effetto debba venire perché il vasto strato o campo di erba, messo in mezzo tra vento e mare, non permette a quello l'atto libero di esercitare l'adesione uniforme e prolungata; né il penetrante impulso che si verifica fra vento e acqua nei mari liberi. Così, non creandovisi corrente di sorta alcuna, non ha alcun moto di traslazione l'erba che vi galleggia. Ben inteso che siffatta immobilità resta soltanto nella massa compatta del ripetuto prato marino; in quella parte cioè ove il mare è tanto coagulato di erba, secondo l'espressione di Colombo, che gl' inesperti compagni di Lui ne furono spaventati, perché in realtà i bastimenti a stento la traversano, e perché, al dir del Maury, sembra all'occhio ad una piccola distanza bastantemente solido da potervi camminar sopra. I lembi sono al certo lacerati: e là, liste o fasci di fuchi spostati dai venti e dalle correnti oscillano con questi motori. Io stesso per otto volte l'ho verificato. Ma il laceramento, il distaccamento ed il rattoppamento de' lembi non abbatte punto la mia argomentazione; anzi questi stessi fatti la puntellano.

256. Anche la maggior salsedine delle acque sotto il detto prato, conseguenza della più elevata temperatura che ha l'acqua in cotesta vasta superficie a confronto della temperatura del circostante Oceano, è per me un' altra prova che le molecole di tal massa liquida non hanno moto: quindi una conferma della mancanza di azione del vento sulla medesima. Humboldt conferma il fatto della maggior salsedine e trae l' indicata conseguenza, e Colombo ebbe a notare che ivi soffriva *orribile calore*, e che varcato quel banco erboso, il *clima cambiavasi, e l'aria diveniva temperata.*

257. Secondo il de Tessan, « *cette augmentation de temperature ne peut guère être attribuée qu' à une influence du Gulf-stream.* » A me invece sembra che se questa calda e vigorosa corrente vi agisse direttamente, non si potrebbe verificare la immobilità e la speciale figura di quella massa galleggiante la quale, come nota de Humboldt, è composta « del *Grand banc longitudinale*, del *Petit banc presque circulaire*, e di *une bande de fucus dirigée de l' est à l' ouest, qui forme une communication permanente* fra i due banchi » : indirettamente poi non credo

possa avere influenza in una sì vasta massa, perché l'acqua è cattivo conduttore di calorico, come già ho avuto occasione di rammentare, ed in questo caso è tanto più cattivo in quanto che fra l'acqua del ripetuto prato e quella della corrente si frappone notevole quantità di acqua fredda; perché la diversa salsedine dell' acqua a differenti temperature è un ostacolo al mescolamento immediato; e perché, in fine, un mescolamento accidentale fra esse, seppure accade, non inferma punto il mio ragionamento.

258. * In conferma ed a maggior chiarezza di quanto asserisco, noterò pur anche, con l' autorità del Maury, che il pelasgico fiume cui accenno, è fiaccheggiato di acque fredde, mentre la sua corrente è calda. « *Ses rives et son lit*, riassume F. Julien, *sont des couches d'eaux froides, entre lesquelles coulent à flots pressés des eaux tièdes et bleues.* » Ed aggiungerò con lo stesso Maury che dal golfo del Messico sino alle coste della Carolina la linea di separazione è talmente ben distinta che di sovente si vede un bastimento, metà della sua lunghezza nell'acqua di questa corrente, e metà nelle acque dell' Oceano: tanta è nitida la linea di separazione delle due acque.

259. * Questo fenomeno, questa separazione delle acque di temperatura differente, o delle correnti in diversa direzione, si verifica ovunque. « Un giorno, ha scritto il Fitz Roy, mentre la prora del vascello inglese il *Nilo*, comandato dall' ammiraglio sir A. Milne, era nella temperatura di 46° F., la poppa era in quella di 70°. Il general Sabine ha registrato più casi notabili di questa persistenza termometrica delle correnti del mare (*of persistence in sea currents*) ».

260. Ammessa dunque l' immobilità dell' acqua in quella condizione e in quel luogo, mi pare che abbiamo motivo sufficiente a spiegare il maggior calore di essa in confronto della confinante, la quale è sottoposta a moti diversi, senza aver bisogno di ricorrere all' influenza del calore dell'acqua del Gulfstream: influenza che sarebbe sempre troppo lontana.

261. Il mio assunto potrebbe essere appoggiato da altri fatti di simile natura; ma per brevità ne citerò uno solo registrato da P. Monnier. In alcune parti del canale della Manica e del mare del Nord, da Brêhat a Dunkerque, si vedono galleggiare a

livello del mare dei fuchi della specie chiamata *Filum*. Le strisce, che essi formano, si dispongono nel verso delle correnti principali della marea con larghezze differenti, e più d' una di esse ha fino a 5 o 6 leghe di lunghezza. Le stesse sono stazionarie in quel punto ove il flusso e riflusso forma *une zone de répos....*; e ripetute esperienze hanno provato che *les coups de vent ne les font pas disparaître des lieux où elles stationnent habituellement.*

262. Finirò su questo proposito con una osservazione che traggo dalla signora Somerville e che l' esperienza mi ha confermata. « Quando l' aria è umida, ella dice, diminuisce in essa l' attrazione per l' acqua, e per conseguenza la frizione; da ciò proviene che il mare non è tanto arruffato nel tempo piovoso, quanto lo è nel secco. »

263. * Egli è molto noto fra i marini il fatto che una dirotta pioggia calma il mare: e Scoresby ha inoltre avvertito « che il vento più forte in tempo che piove produce dei flutti poco sensibili, mentre che in tempo secco, il mare è molto agitato, e ciò anche da un vento d' intensità molto minore. » Egli, come la Somerville, fonda la causa di questo fenomeno sul differente grado di attrazione esercitato dall' aria su l' acqua nei due stati dell' atmosfera : ma Arago fa osservare che l' igrometro ben spesso indica siccità mentre piove.

* Io m' avviso che il calmarsi del mare o il poco svilupparsi dei flutti in proporzione del vento che soffia, possa essere l'effetto dell'ostacolo che la pioggia frappone al vento sulla superficie del mare, ossia non permette ad esso di percuoterla con egual grado di violenza o fregamento, e di esercitarvi eguale forza di adesione. Spetta ai fisici risolvere la questione.

264. Credo adunque che anche questi fatti provino l' azione immediata che il vento esercita sulla massa liquida, giacché l'azione cessa quando la massa liquida viene sottratta anche in parte all' influenza del vento.

265. * A quanto fin qui dissi dell' azione del vento sulla superficie del mare, ora aggiungerò altri fatti ed altre considerazioni, trattenendomi più specialmente sopra gli effetti di esso contro le correnti; sopra i contrasti di correnti fra correnti in molta profondità di acqua; sopra gli effetti delle onde contro le correnti, e sopra i contrasti di onde fra onde.

ARTICOLO QUINTO

EFFETTI DEL VENTO NEI TEMPI ORDINARI CONTRO LE CORRENTI

266. * Nello stretto *du Maire* Frezier incontrò, per cagione del vento, *la marée forte et rapide*, la quale *faisait tanguer si rudement*, che il parocchetto di sivada s' immergeva nell'acqua.

267. * Cook notò: Il vento e la corrente avendo una direzione contraria, i flutti si gonfiarono talmente, che essi penetravano sovente nel bastimento.

268. * Romme ha registrato che dinanzi li *Connétables*, scogli poco discosti da *Cayenne* e dalla costa, si sono vedute le correnti *arrêtées par les vents de O. et O.N.O.*, e riprendere in seguito il corso loro, al ritorno della *brise ordinaire*.

* Egli stesso ci avverte che presso la punta *Turness* di *Walls*, il flusso produce un grosso mare allorquando *le vent a une direction contraire au courant*:

* Che nel canale nominato *Lasky-Rost* ove la corrente viene dal N.E., e fa da 3 a 6 miglia l'ora, il mare è violentemente agitato in ogni riflusso; *mais plus encore aux syzygies, si le vent règne de l' ouest*. Lo stesso accade a un miglio al nord di *Dennisness*:

* Che nel *Sound de Inishterhol*, circa al mezzo del canale, se il vento è opposto alla corrente *la mer brise comme sur un haut fond*.

269. * Freycinet ha notato che con vento S.S.E., *jolie brise*, una corrente violentissima dirigendosi al N. O., *formait un ras de marée* il quale ha potuto far credere all' esistenza di bassi fondi; tuttavía il Duperrey, incaricato da lui per la verifica, *n'a trouvés nulle part*. Ciò accadeva fra le rada di *Dampier et le hâvre Hamelin*.

270. * Lo stesso navigatore Freycinet, ha notato anche che nel *Rio della Plata* i venti dall'E. al S.O., passando per S., aumentano l'altezza dell'acqua nel fiume, e la forza delle correnti è proporzionale all' intensità dei venti che le hanno fatte nascere.

* 271. Duperrey ha diretto uno speciale studio su gli effetti del vento nel sopra citato fiume dell'America meridionale.

Ecco come egli si esprime su questo argomento: « I navigatori che più particolareggiatamente hanno parlato sul corso del Rio della Plata, s'accordano a dire che, *toujours, après les coups de vents de S.E. ou de S.O.*, i quali soffiano frequentemente in questo paraggio, *les eaux refoulées dans le fleuve se portent en masse sur la rive Nord*, ove si stabilisce, in questa circostanza, *un courant très-rapide, lequel prend la direction du large en suivant l' impulsion qu'il reçoit du contour de la côte.* »

272. * Monnier ci ha avvertiti che le correnti a sopravvento dell' isola Martinicca, fra la punta *des Salines et la Caravelle*, non seguono sempre la medesima direzione, anzi qualche volta esse portano in direzione diametralmente opposta. *Ce sont les vents qui opèrent ce changement* . . . se soffiano *avec une certaine force.*

273. * De Bougainville, figlio, percorrendo il banco dell'*Agullas* da ponente a levante con vento *grand frais du N.O.* notò che poca influenza ebbe nella sua rotta la vegeta corrente ivi regnante, a tutti cognita.

* Il medesimo ha notato pure che nel *Détroit de Lemaire* tosto che la marea porta al vento, *la mer devient affreuse et très-creuse* (266).

* Lo stesso ci dice: « Le correnti del Rio della Plata seguono la direzione *des vents*: questo è un fatto che, in tesi generale, si può stabilire *à leur égard* (270 e 271).

274. * Horsburgh ha registrato:

* « Quantunque una forte corrente circondi generalmente il banco dell'*Agullas* dirigendosi all'ovest nell'una e nell'altra stagione, accade non pertanto che differenti circostanze, *et notamment les coups de vent de O. et de S.O., les arrêtent parfois.* Durante queste furie di vento si è veduta la corrente completamente arrestata; ma essa riprendeva la naturale sua direzione, e con più forza, *une fois que le mauvais temps avait cessé.* Altre volte essa continua a correre contro le più forti furie di vento, ma essa *occasionne alors une mer horrible.* »

* Dopo si legge pure, parlando della stessa corrente. « *Le 1.er août le courant fut arrêté par un fort coup de vent, qui varia du N.E. au N.O. et à l'O.S.O.* »

275. * E poco appresso: « *Pendant les coups de vent d'O., le courant fut totalement arrêté, quelquefois même la force de ces vents le fit porter à l'Est.* »

276.* « Alla foce del fiume *Shannon*, fa menzione T. W. Beechey, quando le grandi maree corrono in opposizione ai venti occidentali, il mare si eleva tanto che d'alcuni pratici si escludeva quella foce come luogo conveniente per la costruzione di un porto. »

277. * Leopoldo de Buch, avverte che la famosa corrente *Mael-stroom*, o *Moskoc-stroom*, non è realmente *redoutable* che allorquando il vento di *nord-ouest souffle en opposition avec le reflux*.

278. * L'azione opposta dai venti e delle correnti *sur le banc des Aiguilles*, ci dice Bourgois, *donne naissance à une mer toujours grosse et parfois monstrueuse*, che forma una delle principali difficoltà del passaggio del Capo, dall'E. all'O., nella stagione dell'inverno australe (274).

279. * Ed altrove lo stesso Bourgois asserisce che le correnti del mare *les mieux établis, le Gulf-stream, le courant des Aiguilles, par exemple, voient leur cours quelquefois suspendu par l'action de tempêtes opposées de direction* ec.; e che, secondo Horsburgh, questa seconda costante e veloce corrente si è veduta ancora, in forza del vento contrario, prendere il corso in direzione opposta a quella naturale (275).

280. * Finalmente dirò con Maury che quando il vento soffia in direzione opposta alla Corrente del golfo (*Gulf-stream*) i marosi sviluppano delle proporzioni spaventevoli (*creates a sea that is often frightful*).

281. * Da un fatto citato da Givry sembrerebbe che l'azione del vento, contro una corrente, non penetrasse più sotto di due o tre metri dalla superficie del mare.

* Dopo aver egli notato che l'azione del vento influisce in modo sensibile sulla durata e sulla velocità delle correnti alla superficie del mare, suggiunge che « secondo i marini pratici della parte meridionale del mar del Nord, *l'action du vent sur les courans ne s'étend pas à une grande profondeur*. Questi marini danno, come prova all'appoggio *de leur opinion*, la seguente esperienza, che i pescatori francesi vedono

ripetuta frequentemente al tempo della pesca delle aringhe. Essi tendono da una cima all' altra, a traverso la corrente in una grande estensione, le reti lunghe e strette, delle quali si servono, *et ils les coulent, au moyen de lest, jusqu' à la profondeur où se tient le poisson, c' est-à-dire à deux ou trois mètres environ au dessous de la surface de la mer.* Così poste, *en grande marée comme en morte eau*, le reti derivano con la corrente e sono trasportate nella sua direzione, *lors même qu'il vente bon frais dans une direction diamétralement opposée.*»

* Per me questo fatto può essere vero soltanto quando il vento che soffia non abbia molta durata, non abbia prodotto un moto ondulatorio notabile e l'acqua non sia poco profonda; altrimenti sarebbe in contradizione con quelli di cui parlerò in seguito.

282. * Chi ignora che il vento è un movimento più o meno rapido d'una massa di aria che si trasporta da un luogo all'altro seguendo una determinata direzione? Così niuno ignora che la corrente è un movimento più o meno rapido di una massa di acqua che si trasporta da un luogo all' altro seguendo una direzione determinata. Quindi i fenomeni sopra registrati, cioè l'alterazione della superficie del mare, il deviamento nella direzione secondo la risultante delle due forze, e l'annullamento, ed anche la retrocessione di una delle due masse in moto, hanno senza dubbio per causa l' incontro delle masse stesse.

283. * Si dirà che queste cause sono troppo ovvie, e però non meritano l'attenzione del lettore. Sì, egli è vero, sono troppo ovvie, ma io credo necessario di rammentarlo a quella classe di uomini la quale, conquisa da un sistema che la forvía dalla ragione, ha bisogno di esser condotta nella retta via dalla storia delle cause le più manifeste, onde giunger poi con lo stesso convincimento ad ammettere che certi effetti altro non sono che il prodotto delle stesse cause; il che si esclude dal loro sistema.

284. * Questo modo di persuadere è, a parer mio, il più sicuro; ed io l' uso perché, come ognuno potrà giudicarlo nel corso della presente opera, ve ne è molto bisogno: ma certo esso è anche il più nojoso per tutti. Quindi fa d'uopo armarsi di pazienza e rammentarsi sempre l'enunciato di Bourgois; *qu' il n'est guère de tâche plus ingrate que celle de déblayer la voie du progrès scientifique des faux systèmes qui l' obstruent.*

ARTICOLO SESTO

CONTRASTI DI CORRENTI FRA CORRENTI IN GRAN PROFONDITA' DI ACQUA

285. *« ...*Cela nous obligea de sonder*, nota Dampier, *cregnant d'echouer* »; ed egli usò il piombino anche là dove non trovò fondo a 100 passi. « Io non so, egli aggiugne, se ciò era il flusso o il riflusso, ma so che *cela faisait une mer aussi courte et aussi hérissée* come se fossimo stati in luogo ove due maree si fossero incontrate. *En effet la mer allait de tous côtés, tantôt elle se brisait, tantôt . . .* »

286. * Cook ha scritto: *Nous découvrîmes bientôt un fort ras de courant, qui rassemblait à des vagues brisées*; ma noi non avevamo meno di 19 passi di acqua.

287. * Forrest ci dice: Verso mezza notte *nous eûmes un grand clapotage occasionné par le courant.*

288. * Dixon e Portlock hanno registrato: *Nous apperçûmes du clapotage à l'avant du vaisseau*: diminuimmo le vele ed appoggiammo; ma noi ravvisammo ben tosto *que le bouillonnement était occassionné par les courants.*

289. * De Pagès avvertì che: *Les bouillonnemens* delle acque c' indicavano delle correnti, delle quali non potemmo conoscere la direzione.

290. * Marchand *traversa des lits de courants* che da lungi si sarebbero potute ritenere *pour des chaînes de brisans.*

291. * De la Pérouse osservò *la mer briser*, e si avvide *bientôt* che gl' infrangimenti *étaient occasionnés par les courans.*

292. Vancouver ci dà per fermo che « Sopra un banco presso *la Pointe Baker*, *avec la rencontre des marées autour de l'Archipel du Prince de Galles* si produce, particolarmente in tempo di flusso, *une agitation ou une espèce de ras dangereux en apparence*; del resto, dopo molte prove non abbiamo trovato in verun punto meno di quindici passi; e fra il banco e la costa il piombino non toccava a 60 e 70 passi.

293. * Dentrecasteaux, nel canale formato dall'isola *Céram* e quella di *Bonoa*, provò, come accadde a Dampier ed a de

Bougainville, *l'action de lits de marée* che faceva lo stesso rumore *que le courant d'une rivière très-rapide.*

294. * Romme ha registrato che presso l' isola *Laffoert* le correnti formano, *par leur choc, des turbillons qui engloutissent les corps flottans environnans.* Il rumore si fa udire a grandi distanze:

295. * Che il riflusso, il quale viene dal sud al di fuori *du Frith*, incontra quello che esce *du Frith, et produit un clapotis bruyant devant la pointe Castle*, sino al flusso:

296. * Che sopra il banco *Galloper* due maree s' incontrano, l'una venendo dal nord e l'altra dal sud. *Leur choc violent produit de grands clapotis ou ripplings:*

297. * Che alla *Pointe Hook* più correnti, che hanno differenti direzioni, *se rencontrent, se combattent, et produisent une mer clapoteuse et qui brise.*

298. * De Humboldt ci dice che « allorquando il mare è perfettamente calmo, *il paraît à sa surface des bandes étroites* simili a piccoli ruscelli, e nelle quali le acque si movono *avec un bruit très-sensible pour l'oreille d'un pilote experimenté.*» E cita un esempio di cui egli stesso fu testimonio.

299. * Freycinet ha notato che l' incontro di due correnti *produit un clapotis semblable à celui de la mer sur des récifs.*

* « Alcune volte, ci dice lo stesso navigatore, noi abbiamo veduto *des remous* nel canale di *Ombai*, cagionati senza dubbio dall' incontro di due correnti opposte : *le bruit qu'ils faisaient* era notevolissimo, e sembrava udire il mormorío delle acque *dans une rivière rapide.* »

300. * Duperrey, nei paraggi del *Rio della Plata*, ha notato che l'incontro della corrente di S.S.E., prodotto dalle acque di quel fiume con la corrente dell'Ovest, si manifestava da *une zone clapoteuse*, che sembrava essere il limite di due regioni differenti, *et qui était couverte d'énormes paquets de fucus* fra i quali si riconobbe *la Laminaria Pyrifera.*

301. * D'Urville notò che *les violens clapotis qui ont agité la mer aujour-d'-hui, annoncent qu'il doit exister près du cap Howre des fortes courans.*

302. * Ed altrove ci dice pure : Noi abbiamo osservato

più filoni o spiriti di corrente, i quali rendevano *la mer très-clapoteuse*, e facevano *murmurer ses eaux comme celle d' un torrent rapide.*

303. Lartigue, dai suoi studî sopra i fenomeni delle correnti marine ha dedotto che: « *La rencontre des deux courans n'occasionne qu'un léger clapotis, lorsq'ils sont faibles* ; ma se esse hanno una grande velocità, *leur choc élève les eaux de la même manière que si elles rencontraient un haut fond.* »

304. * De Bougainville, figlio, traversò sovente *des lits de courans qui faisaient sonner la mer d'une manière remarquable.*

* Altrove il medesimo : « Noi passammo *dans plusieurs lits de marée*, i quali facevano *briser la mer*, con un rumore simile a quello *qu' elle eût rendu sur des écueils.* Tuttavía lo scandaglio non dette fondo *à une grande profondeur.* »

305. * Si legge in Horsburgh : « Le correnti e le maree seguono alcune volte delle direzioni oblique l'una all'altra, ed alcune volte opposte. *Il s'ensuit que la vitesse du courant est ralentie ou accélérée, ce qui produit beaucoup de clapotis.* »

306. * Moresbay e T. Elwon hanno scritto : « Un giorno . . . . . la guardia dell' albero annunciò un banco, e soltanto quando noi fummo sopra questo punto potemmo conoscere *que ce n' était pas un banc, mais un fort clapotis occasionné par les courans*, e offerendo nello stesso tempo l' aspetto di un banco *par une faible brise.* »

* Eglino, essendo fra questo rivolgimento di acqua, scandagliarono con una sagola di 200 a 400 passi, ma senza trovare fondo; « sopra la parte nord di questo rivolgimento, che si estendeva a più miglia dal S.E. al S.O. *en formant une ligne étroite de brisants*, noi trovammo, essi aggiungono, che la corrente portava al S.E. con una velocità di $^1/_4$ di miglio per ora, e sulla parte sud *du remous*, la corrente portava al N.O. con una velocità di un miglio e mezzo : *il faisait en ce moment très-peu de vent ou presque calme.* »

307. * Vaillant ha scritto nel suo giornale il 9 marzo 1837: « La corvetta passò frequentemente *dans des lits de courans, qui s'annonçaient par un fort clapotis*, e con un rumore quasi simile a quello *que fait la mer en se brisant sur les rochers.* Si è scandagliato di ora in ora senza trovar fondo a 40 passi. »

* Il medesimo, il giorno di poi scrisse: « Da mezza notte a mezzo giorno la corvetta passò spesso fra *des lits de cqurants*; a mezzo giorno si scandagliò nel momento *qu'on traversait un de ces lits*, e non si trovò fondo con 35 passi di sagola. »

308. * F. Parlatore ha notato: « Celebre è la corrente che si chiama *Malstroem*, situata tra le isole di Moschenas (*Moskenaes*) e di Veroe (*Vaerö*), la quale è molto pericolosa, quando tira il vento di maestro contrario al riflusso delle acque del *Vestfjord*, perché allora le acque del mare urtano con tanta furia contro quelle del golfo che il rumore loro si ode anche lontano alcune miglia (277). »

309. * Non vi può esser dubbio che nelle correnti vi sia reale trasporto di massa d'acqua e che perciò l'incontro fra esse produca i registrati fenomeni, giacché naturalmente *è impossibile che due corpi passino l'uno per l'altro*, come notò Leonardo.

310. * Non solo nel mare, ma anche nell'atmosfera accade lo stesso fenomeno.

* Fitz Roy si esprime in questa sentenza. « Non esiste verun esempio, di qualunque specie esso sia, che due masse di aria simili e quasi eguali, avanzantesi sempre da due opposti punti, possino penetrarsi (*permeate*), traversarsi mutuamente, e conservare ciascuna, *senza modificarsi*, la sua forza d'impulsione ed il volume suo, in luogo di mescolarsi e di neutralizzarsi reciprocamente. Fisicamente parlando, si può ritenere come impossibile una tale penetrazione (*permeation*). »

311. * E tornando al mare, quando le due correnti sono di egual potenza, si mostra il contrasto, ma non si manifesta trasporto di massa, perchè le due forze si elidono.

* Ciò, secondo me, spiega come talune volte noi vediamo quei moti straordinari alla superficie del mare, ne sentiamo puranco il rumore, e pure il nostro bastimento non è trasportato: ossia, nel fare il nostro punto a mezzo giorno riconosciamo, come avverte il Maury, « che non abbiamo avuto corrente ». Questo fenomeno, secondo lo stesso Maury, si mostra generalmente nelle vicinanze delle calme equatoriali, nelle regioni delle pioggie perpetue.

ARTICOLO SETTIMO

EFFETTI DELL'ONDE CONTRO LE CORRENTI E VICEVERSA

312. * « *Les courans*, dice de Tessan, *ont une influence considérable sur la forme et l'allure des ondes.*» Il vento ancora produce in esse un simile effetto, perché con il vento si genera la corrente.

313. * Nella traversata dal capo Horn al capo di Buonasperanza avverte il Fitz Roy che quando il vento di est soffia con forza, produce, in virtù del conflitto con la perpetua onda che viene dall'ovest, un mare grosso ed irregolare.

314. * De Fleurieu ebbe a notare, nella traversata da Cadice all' isole Canarie, che *l'agitation des vagues qui étaient très-élevées, et la direction que le vent leur imprimait, ont dû s'opposer au mouvement général des eaux et détruire une partie de son effet.*

315. * Il medesimo stando all'ancora alla Praya (isola di Sant-Yago) vide che *les eaux de la baie paraissaient bouleversées*: esse seguivano nello stesso tempo due differenti movimenti: *celui du raz de marée, qui venait du sud ; celui d'une lame assez haute, qui venait de l'est* : questa era spinta dal vento di N.E. che soffiava nel canale; essa seguiva la costa entrando nella baja.

316. * Forrest ha scritto : « si ebbe calma; nel qual tempo io incontrai una grossa vecchia onda (*houle*) : *la mer brisa plusieurs fois; ce qui provenait, je crois, d'un fort courant.* »

317. * Crozet ci racconta : *Nous étions dans un lit de marée, dont les vagues faisaient un bruit semblable à celui des brisans.*

318. * Romme ha registrato che nel canale di *Bahama*, allorquando i venti freschi hanno una direzione opposta a quella della corrente, *la mer est très-grosse.*

* Il medesimo ci avverte che nel caso in cui il vento è contrario alla direzione della marea, presso la punta O. di *Java*, *alors il y a une mer terrible que les vaisseaux doivent éviter.*

* Così lo stesso compilatore ci avverte pure che *devant*

le Ness de Rapness, i flutti si elevano ad una grande altezza e frangono in tempo di riflusso, *même pendant un temps calme . . .* : nel flusso il mare è tanto bello quanto negli altri paraggi.

319. * De Krusenstern osservò *des lames qui s'entrechoquaient par l'effet du reversement de la marée.*

* Il medesimo ha registrato : « *Le clapotage des lames, occasionné par la rapidité des courans*, ci faceva temere la prossimità di qualche seccagna ; quantunque il piombino non indicasse fondo a 150 passi. »

320. * De Roquefeuil ci ha detto : « Noi trovammo *la mer très-dure au dehors, à cause de l'opposition du courant et du vent qui était bon frais* : questo conflitto faceva frequentemente frangere i flutti. »

321. * D' Urville si trovò *dans une mer assez dure, travaillée par effet des courans.*

* Altrove al medesimo navigatore : *la vigie segnala un brisant* ; e quantunque nulla presagiva l' esistenza di un tal pericolo, pure volle far rotta in guisa d'avvicinarsi *du danger signalé*. Egli riconobbe, in effetto, una linea di grande estenzione, *blanchie par l'écume de la mer, qui brisait avec violence.* E dopo averla per qualche tempo osservata, egli si avvide *qu' elle changeait de place.* Quindi si persuase che questo effetto era prodotto dall' incontro di correnti in direzione opposta, e gli scandagli provarono che le previsioni di lui erano fondate. « Tuttavía *la mer était très-dure dans cet endroit; la lame courte brisait en déferlant avec violence contre nos navires*, ed un uomo *fût enlevé par une lame et precipité hors du bord de l'Astrolabe.* »

322. * Le Gras ha notato che il « capitano Ross, nel canale formato delle *Roches Vela-Rete* e la punta sud *de Formose* ove s'incontrano sovente *des tournantes d'eau très-considerables*, ha osservato che le correnti davano luogo *à des brisants* simili in altezza ed in forza *à ceux que on voit lorque la mer brise avec fureur sur les récifs les plus dangéreux.* »

323. * Molti altri fatti di questa specie ho raccolto nel fare lo spoglio dei diversi autori, ma credo sufficiente chiudere quest' articolo con riprodurre quanto, intorno a questo istesso

fenomeno, ha pubblicato Tommaso Stevenson. Così operando, non abuserò della pazienza del lettore, e coi fatti dallo Stevenson registrati ho il vantaggio di unire anche l'autorità di lui, la quale non manca di valore in questa questione.

* « Molte volte, egli dice, le maree esercitano una influenza decisiva sulla natura dei flutti, e producono in alcuni siti dei marosi di un carattere straordinariamente pericoloso: altre volte per l'opposto esse *deprimono il mare*. Se un'opera marittima è posta contro un rapido filone di marea, come per esempio quelli chiamati *rostes* nelle Orcadi o nelle isole *Shetland*, essa si troverà esposta all'azione di flutti altissimi. Un esempio se ne ha a *Port-Patrick* nel *Wigtonshire*, dove la violenza de'flutti è senza dubbio dovuta in gran parte alla rapidità delle maree. Se per l'opposto il filone di marea segue una direzione interamente esteriore al porto ed a qualche distanza da questo, allora esso gioverà a difenderne le opere agendo come uno spezza-flutti. Così l'autore ha osservato al faro di *Sumburgh Head*, nelle isole *Shetland* durante una burrasca del sud-ovest che, sintanto che la corrente del *Sumburgh-roost*, una delle più formidabili in que' mari, s'innalzava e si frangeva con violenza, potevasi facilmente approdare con un piccolo battello in una baja detta *West Voe*; ma non appena la corrente cessava, ad acque alte, vedevansi venire de' flutti torreggianti che sommergevano le rupi di un'altezza molto considerabile. Lo studio degli effetti delle correnti di marea nello accrescere o modificare la forza dei flutti nei mari brittannici sembra essere stato interamente trascurato nelle ultime discussioni relative al merito de' muri verticali od a scarpa, dei quali tratteremo in altra sezione di questo articolo. Crediamo intanto opportuno di qui notare che reputiamo erronea l'opinione espressa da uno scrittore dell'*Edinburgh Philosophical Journal*, il quale attribuisce i filoni o *roosts* all'incontro di due rapide correnti, né crediamo che essi sieno dovuti a scogli sporgenti dal fondo del mare come molti marinari suppongono.

324. * « In seguito di accurate ricerche e di personale esperienza sui formidabili marosi del *Boar of Duncansbay* e dei *Merry-Men of Mey* nel *Pentland Firth* e molti altri, noi crediamo che la vera causa di questo fenomeno sia *l'onda del*

mare che s'incontra con la corrente di marea in una direzione più o meno opposta a quella dei flutti. Mentre si conosce che due rapide maree possono incontrarsi senza che ne risulti alcun *tristo* effetto, è pur vero che quando due maree s' incontrano in un mare agitato, come avviene nel passare intorno ad isole come quelle di *Stroma* o *Swona* nel *Pentland Firth*, l'effetto del loro incontro è quello di accrescere la corrente in quel sito producendo un mare molto pericoloso; ma il fatto di tale incontro, sebbene possa render più grave il fenomeno, noi crediamo non ne sia la causa principale. I filoni che si manifestano nel mare aperto e lontani da' capi o punte delle coste, sono delle porzioni di mare nelle quali i flutti si *frangono* più o meno, sebbene l' acqua sia molto profonda e non soffi alcun vento. In tutti questi siti si trovano delle rapide maree. I filoni sulle coste occidentali delle Orcadi o del *Pentland Firth* sono peggiori col *riflusso* e co'flutti di ponente, poiché i flutti dell'Atlantico e la corrente del riflusso corrono in direzioni opposte. Al contrario sulla costa orientale sono peggiori al tempo del *flusso* o dei venti di *levante*. Così all' estremità orientale del *Penland Firth* si sa che il *Boar of Duncansbay* si agita all'alzarsi della marea coi flutti dell'est, mentre all'altro capo occidentale si sa del pari che i *Merry-Men of Mey* sono tali al calar della marea con flutti dell' ovest che nessun battello oserebbe avventurarsi fra loro a rischio di esser capovolto. La pericolosa risacca (*cozzo*) che esiste alla foce di alcuni fiumi è dovuta non solo, crediamo, alla poca profondità dello scanno, ma anche all' incontro della corrente che va verso fuori co' flutti del mare.

325.* « Quando l'onda incontra una rapida corrente in direzione opposta, il movimento de'flutti sembra essere arrestato e la loro larghezza porgesi sensibilmente diminuita. Essi crescono in altezza s' incurvano in cima, ed infine si frangono talvolta parzialmente, come farebbero sopra una spiaggia poco inclinata. Noi crediamo che nell' acque così disturbate più flutti possono infine combinarsi insieme e formare un gigantesco maroso; poiché il flutto che si è parzialmente franto può avere il suo movimento in avanti tanto ritardato da permettere al flutto seguente di raggiugnerlo, e così riuniti in una sola grande onda acquistare una velocità superiore per raggiugnere quelli che si

hanno innanzi, ed essere inoltre ingrossati da' flutti che sono stati riflessi dalla spiaggia. »

326. * Questo istesso fenomeno, cioè il cozzo prodotto dall'incontro della corrente con l'onda, è stato notato anche dai Commissari del governo inglese per i porti di rifugio, come abbiamo veduto (74).

327. * Ora, affinché nell' incontrarsi la corrente con l'onda, si possino effettuare fenomeni eguali a quelli dell' incontro del vento con una corrente o di due correnti fra esse, siccome abbiamo veduto (num. 266 al 312), è necessario che tanto nell'una quanto nell'altra vi sia trasporto di massa di acqua, altrimenti non vi sarebbe contrasto fra esse. Esaminiamo la terza categoría di fenomeni di sopra classificata, e poi dedurremo una conclusione finale.

ARTICOLO OTTAVO

CONTRASTO DI ONDE FRA ONDE

328. Se col soffiar di due venti forti in direzione opposta si formano due serie di flutti uguali che l' una contro l'altra si dirigga; e se all' incontrarsi di esse niuno dei due venti ha interamente ed a qualche distanza ceduto il posto all'altro, i flutti si urtano e s' innalzano con violenza tale da somigliarsi a quelli che Malte–Brun chiama *murailles liquides*, *dont un téméraire navigateur ne saurait s'approcher impunement.*

329. * Carteret si trovò frà *une grosse mer*, che *chassait les flots de tout côté en grande confusion*; e frangendosi contro il bastimento gl' imprimevano un barcollamento sì violento e veloce, che egli si aspettava *à chaque instant à perdre les màts.*

330. * Cook, anche egli notò che : « Una onda prodigiosamente grande veniva dal N.O., ed un'altra nello stesso tempo dal S. o S.S.E. *Le choc des vagues l' une contre l' autre*, obbligavano il bastimento a barcollare e beccheggiare straordinariamente : *enfin les lames du N.O. prévalurent.* »

331. * Marsigli, nel golfo *de Fos*, in una tempesta, osservò, che le onde *se hurtant réciproquement les unes contre les autres*, per effetto di violenta agitazione, *faisaient élever*,

ad una certa distanza, *un nombre prodigieux de petits globes.*

332. * De Roquefeuil s'incontrò in un mare grossissimo, *que le choc croisé des lames du S.E. et de celles du vent régnant, O., rendait très-fatigante, et faisait embarquer fréquemment.*

* Ed altrove il medesimo dice: Fintanto che la nuova onda del vento *eût pris le dessus*, il suo conflitto con quella del S. produceva *une mer croisée extrêmement dure.*

333. * D' Urville ha registrato: « le due onde combinate di S.E. e di S.O., *en se combattant mutuellement, ont beaucoup fatigué le navire.*

* Ed in altro punto il medesimo notò: « *Une mer affreuse s'éleva, et ses lames*, incrociandosi ad angolo retto con quelle del precedente giorno, *occasionèrent des clapotis et des remoux qui fatiguèrent la corvette plus qu'elles n'avait encore fait.* »

* Così egli ha notato pure: « La grande onda di N.E. lotta contro i nascenti flutti sollevati dal vento di N.O. *et il en résulte une mer très-dure.* »

334. * De Bougainville, figlio, nei paraggi di *Van-Diemen* si trovò tra una *houle énorme*, la quale, contrariata da quella *qu' élevait la force du vent*, produceva *des lames courtes et répétées*, le quali affaticavano la fregata e cagionarono dell'avarie.

335. * Si è di sopra detto che due onde, sviluppate da forte vento, se s' incontrano in direzione più o meno opposta, avanti che almeno una di esse abbia cessato di sentire l' influenza del vento che le ha dato vita e vigore, si cozzano e si deviano (328); ma se la detta influenza del vento ha cessato interamente in entrambe o in una di esse, allora s' incrociano in tutti i versi a similitudine di quelle della luce e del suono, cioè non si arrestano, non si spezzano, nè si deviano, giacché, ripeterò con Leonardo, *tanto fa a muoversi l' onda contro all' altra, quanto muoversi l' un onda per se nell' acqua immobile.* Legge confermata dall' esperimenti di Poncelet e di altri.

Ma sembrerebbe da un fatto registrato da E. Rodriguez che questa legge possa in mare essere turbata anche quando l'onda si propaga in mare calmo. In effetto il Rodriguez, basato sull' autorità del capitano Clas, ci racconta che « nelle calme

delle Canarie, dove il mare non movendosi nella stessa direzione di quello di fuori, anzi trovandosi per lo contrario in riposo, resiste all' impeto dei flutti che vengono dal largo, e questa resistenza è cagione che essi si rompono come se frangessero sulla costa, salvo però la diversa potenza dell' ostacolo. Questo frangere delle onde s' esperimenta solo nell' entrare delle calme, ma, una volta oltrepassato questo limite, il mare si rabbonaccia perfettamente ». Se però in quel paraggio vi fosse corrente, come io m' induco a credere, questo fatto non sarebbe più una eccezione a quella legge, perché passerebbe a far parte di un' altra categoría di fenomeni, cioè: Ove l'acqua non sia immobile, ossia ove esista corrente in direzione opposta a quella di propagazione delle onde, queste sono molto più ritardate nel loro moto di traslazione di quel che lo sieno in acqua quieta, e possono puranche frangersi per causa del ritardo stesso. Difatti Leonardo ci ha detto: *Le onde rompono contro il corso del fiume e non mai per il verso del suo corso*: e subito dopo: *L' onda del mare rompe contro l' acqua che refugge dal lido, ove è percossa, e non contro al vento che la spinge*. Emy ha pur egli notato che: *Il arrive quelquefois, à l' embouchure d' un fleuve, que la vîtesse des ondes venant de la mer est sensiblement égale à celle du courant fluvial, les ondes forment alors sur la surface du fleuve des bourrelets immobiles à la forme desquels le courant est forcé de se plier*. Reibell registra la medesima cosa. E lo stesso Rodriguez ci narra che « il capitano signor Keilor essendo ancorato nella *rada inglese*, (isola Bonavista), osservò in un momento di calma un lungo mare che frangeva in tutti i punti della baja, ed una violenta corrente che da questa si dirigeva in senso opposto del mare, e con tale un impeto che i frangenti (onde frante) venivano spesso sul ponte del bastimento. »

336. Egli è vero che nei surriferiti ultimi esempi d' infrangimenti, o ritardi nel moto di propagazione, può prendervi anche parte la reazione del fondo del mare, perché, nella profondità di acqua ove cotesti fenomeni si sono verificati, credo che la base delle onde non avesse libero sviluppamento per difetto di fondo. Ma io non dubito punto che simili ritardi od infrangimenti, accadano pur anche in profondissimo mare. Ecco

alcuni esempi presi altrui, senza citar quelli di che io stesso fui testimonio.

337. * De Bougainville *en longeant la côte* all' est delle isole Malvine, ove esiste *un très-grand fond* di acqua, si trovò *dans une marée semblable à un ras*; il mare, straordinariamente *houleuse* in uno spazio di oltre una mezza lega *y brisait comme entre des bâtures.*

338. * Cook entrando nello stretto di *le Maire* contro marea, fu agitato da flutti talmente elevati *che si sarebbe detto che essi urtavano sopra un banco di scogli.* La prora del bastimento *immergevasi sovente ed in guisa, che il bompresso ficcavasi sotto acqua.*

339. A. Du Petit-Thouars nella traversata dalla Nuovazelanda alla Nuovaolanda incontrò per più giorni *une grosse mer incommode, qui souvent déferlait au sommet de la lame..... semblable à celles que l' on éprouve dans les détroits où le courant est violent,* ed i venti *soufflent dans une air de vent opposée à leur direction.*

ARTICOLO NONO

RISULTAMENTO

340. * Abbiamo veduto che il vento e la corrente, essendo due masse di molecole in movimento, nel loro incontro producono urto, deviamento ed anche retrocessione della massa più debole (dal 266 al 284).

341.* Abbiamo veduto pure che l' incontro di due correnti per la stessa causa produce gli stessi effetti (dal 285 al 312).

342. * Abbiamo veduto ancora che l' incontro del moto ondoso con quello di una corrente, per la identica ragione dà eguali risultati (dal 313 al 327).

343. * In fine si è veduto che l' incontro di due moti ondosi sviluppa i medesimi fenomeni (dal 328 al 339). E perché essi accadano, è necessario che *due linee d'acqua s'incontrino*; e siccome nell' incontro *ciascuna rimbalza indietro,* (o si rompono), così, in questo caso, *mai l'un'onda penetra l'altra, ma solo si riflettono dal luogo delle loro percussioni*, come notò Leonardo.

344. * Questa specie di onde entra nella categoría delle *colonnali* di cui lo stesso Leonardo ha raccolto una bella serie di esperienze, e ci prova che queste onde, « quando integralmente s' urtano con grandezza e potenza eguale, allora integralmente tornano indietro senza alcuna penetrazione l' una nell'altra ; » per la sopra indicata ragione, come Egli avverte, cioè *mai l'un' onda penetra l'altra* ec. Questo fenomeno, ammessa la presenza di forte vento, è la condizione settima dell'onda di oscillazione notata da Michele Scott (78).

345. * Se poi « sono di grandezza ineguale, la maggiore e la minore non servano loro legge, perché la maggiore non si piega, e la minore s'unisce con essa maggiore. E questo accade per la soverchia altezza dell'onda maggiore, la quale sormonta la minore con altrettanto peso, quanto è l'altezza, e la consuma e trae dietro al suo corso ec. »

346.* E dato che sieno anche uguali ma non nate nello stesso tempo, « li loro urtamenti non fiano fatti in potenza eguale, onde si piegherà prima il corso della prima, che della seconda. E questo accade perché la prima avanti che giunga all'incontro della seconda è già abbassata e dilatata, onde sopraggiunta dalla seconda più alta e più unita, resta vinta, ed è la prima a dar piega. »

347. * Il de Caligny, nei suoi importanti esperimenti, dai quali ho già più volte tratto profitto, ha veduto confermarsi i due fenomeni notati dal Leonardo, quello cioè dell' incontro di due correnti e l' altro dell' incontro di due onde, quando queste in forza del vento o di altra causa, sono di moto misto.

* « Il curioso fenomeno dell'incontro di due correnti, dice de Caligny, le quali sembrano traversarsi, e che in realtà si riflettono, *comme Léonard de Vinci l'a remarqué il y a quatre siècles*, trova qui un' applicazione immediata nella spiegazione *de la rencontre des ondes solitaires de hauteurs égales ou inégales*, lanciate dalle due opposte estremità del canale, *et qui se traversent en apparence, mais dont on voit très-bien la réflexion à l'interieur.* »

348. * Ora, se dai fatti da me registrati in questi articoli e se dalle indicate esperienze eseguite specialmente da Leonardo e dal de Caligny si passa al ragionamento, si vedranno confermati tanto gli uni quanto le altre.

349. * Ed invero come si possono spiegare questi contrasti e queste vittorie di uno dei due combattenti, se non s'ammette trasporto di massa anche nel moto ondoso spinto dal vento, a similitudine delle correnti? Tutti questi fenomeni parlano troppo chiaro, perché possa restare il minimo dubbio sulla perfetta analogía, anzi quasi perfetta eguaglianza, che li lega.

350. Un semplice moto oscillatorio, non può produrre i notati effetti, perché, lo ripeterò ancora, in questo caso *tanto fa a muoversi l'onda contro all'altra, quant' a muoversi l'un'onda per se nell' acqua immobile.*

351. * Certo, dirò pure con Mottez: « *la houle* (la nostra onda senza vento o vecchia onda) *n' a pas de mouvement horizontal, autre que les courants de formation de la houle...*, e se un corpo qualunque impedisce lo sviluppamento naturale *de l' ondulation houleuse*, esso prova dalla parte di questa onda *un effort dont la réaction modifie la houle.* Ciò spiega come un bastimento è *poussé* dall' onda (cioè percosso e non trasportato perché la *houle*, secondo io la intendo, è onda semplice) che non ha movimento orizzontale *et comment un haut fond est souvent indiqué par l'état de la mer.*

352. * « Ma *la lame* (il mio fluttocorrente con vento in alto mare ed anche senza vento, ma in bassi fondi come vedremo) ma *la lame au contraire a une partie d' elle-même animée d'un mouvement horizontal très marqué.* » Osservazione fatta da altri periti, e da me già sviluppata a sufficienza in altre scritture e che lo sarà ancora nella presente.

353. * Dunque non può non ammettersi nell' onde, spinte da forte vento, moto di reale trasporto di massa: esse, in forza dell' azione del vento divengono onde di moto composto, cioè *flutti-corrente*, e però non sono più onde di semplice moto oscillatorio, sulle quali soltanto la teoría ragiona. In una parola la forza del vento cambia la natura delle onde. Quindi il non ammettere in esse, in questo caso, l' enunciato moto di trasporto, sarebbe manifesta opposizione alle leggi principali della comunicazione del moto. « La sola cosa, aggiungerò per maggior chiarezza come usa il Secchi in una circostanza che ha analogía con questa, la sola cosa che può ammettersi è che il moto si faccia bensì talora a ondate, ma sempre con vero trasporto. »

L' ondata nel caso mio aumenta l' effetto del moto di trasporto, nell'altro lo disturba.

354. * A suo luogo vedremo che gli effetti di questo moto ci si appalesano anche nell' esercizio della navigazione con notabili, spesso triste e non di rado anche funeste conseguenze. E per l' appunto il lavoro di questo capitolo ha per precipuo scopo quello di preparare i materiali necessarî a facilmente provare e finalmente persuadere che la causa di quegli effetti è sempre la stessa, e che quindi si può e si deve porre a calcolo.

ARTICOLO DECIMO

AZIONE DEL VENTO NELLE GRANDI TEMPESTE SU LA SUPERFICIE DEL MARE

355. * L' azione del vento nelle grandi tempeste, sieno esse curvilinee o rettilinee, è tale e tanta che oggi si propongono speciali studî sul moto ondoso e su quello delle correnti da quelle prodotti, potendosi da questi fenomeni dedurre indizio più sollecito e più sicuro di ogni altro, sulla genesi, sulla forza e sullo svolgimento di una tempesta benché tuttavía molto lontana.

356. * Il Piddington osserva: « Coloro, i quali hanno studiato questo subbietto e conoscono le pubblicazioni di Reid e di Redfield intorno alle tempeste (*to the storms*) dell' emisfero occidentale, e le mie proprie intorno a quelle dell' emisfero orientale, sanno bene le molte testimonianze che si posseggono (*are well aware of the abudant evidence which exists*), ed avvene anche molte altre non pubblicate, per provare l' esistenza delle *onde di tempesta* e delle *correnti di tempesta* (*of storm waves and storm currents*). »

357. * Reid ha dedicato un particolare capitolo allo studio della direzione del moto ondoso cagionato dalle tempeste, nell' intendimento di prevedere la direzione che meglio convenga ad un bastimento per evitarle.

* « Giacché le tempeste, egli dice, obbediscono a leggi fisse e con la loro violenza sollevano grandi ondulazioni del mare, è probabile che queste si conformino alla stessa legge....

* « Le ondulazioni, sollevate dalle tempeste talvolta procedono ad una grande distanza. Le onde propagate dall' uragano di *Barbados* del 1831 si fransero contro le coste meridionali delle *Bermude*. I marosi sollevati da una vernale tempesta girante, che passò su *Bahama* e su le *Bermude* il dì 30 gen. 1845, mise in pericolo la fregata Euridice ancorata nel porto di S. Giovanni, ad *Antigua*, benché quivi il vento fosse in allora leggero.

358. * « Io era in *Bermuda* quando l' uragano del 1839 ebbe luogo, e distintamente udì il mare frangersi romoreggiando contro le spiagge del sud il mattino del 9 settembre, tre interi giorni prima che la tempesta avesse raggiunto le isole, come si nota nelle tavole meteorologiche tenute alla stazione centrale de' segnali. In quel mentre, l' uragano era ancora dentro i tropici e distante dieci gradi di latitudine. Coll' avvicinarsi della tempesta le onde s' ingrossavano frangendosi contro la spiaggia col più alto fracasso, fino la sera del 12 settembre, allorché la tempesta raggiungendo *Bermuda* vi si stabilì. Quando essa ebbe passato le *Bermude*, la costa meridionale divenne calma, e le scogliere settentrionali alla loro volta presentarono una bianca linea di spuma prodotta dalle ondulazioni voltolate indietro dalla tempesta nel suo progresso verso Nuovascozia e Terranuova. . .

359. * « Io credo probabile, che il più grosso mare proveniente da una tempesta debba esser quello mandato innanzi nel corso seguito dalla tempesta istessa: perché in tal caso le onde vanno ricevendo un continuo impulso dalla tempesta nel suo progresso. Il che ci spiega per qual motivo le ondulazioni si ruppero con tale violenza contro le coste meridionali delle Bermude prima che vi si manifestasse la tempesta. »

360. * Lo stesso autore cita a questo proposito un giudizio di T. W. Blay, il quale, basandosi sull' esperienze di *parecchi uragani* da lui incontrati per mare, « ha *invariabilmente trovato* che col *porre grande attenzione allo stabilirsi del moto ondulatorio, che precede ed accompagna il principio dell' uragano, una idea bastantemente esatta può dedursi della direzione che il vento è disposto a prendere.* »

361. * Qualche anno prima, il Dumont d' Urville aveva

notato un fatto simile e se ne era formato una guida pel tratto successivo, a preferenza di altri indizî. Ecco come egli si esprime: « In un uragano le indicazioni del barometro furono *trouvées inutiles*. Il mercurio discese, in vero, *mais au fort de l' ouragan*, quindi troppo tardi per prendere le necessarie precauzioni. *L' énorme et sourde lame observée près de quarant-huit heures à l' avance, était un indice beaucoup plus sure, et par la suite je ne manquerai pas d' y avoir égard.* »

362. * Questa *lame* sarebbe quella che Piddington chiama *onda di tempesta* (356); e che noi possiamo chiamare *onda di Leva*.

363. * De Poterat anche egli, parlando degli annunzî degli uragani, avverte che questi fenomeni sono preceduti qualche volta *de plusieurs jours par une houle très-forte*, siccome egli ebbe a sperimentare.

364. * E Dampier, quasi due secoli fa, per questa specie di tempeste e per chi era in terra, nel golfo del Messico, aveva registrato: « *La mer même la présage, par son reflux extraordinaire pendant un jour ou deux avant que le Nord arrive*, per modo che *à peine s' aperçoit-on d' aucun flux.* »

365 * Keller registra che « alla *Stella del mare* nei paraggi *de Formose* la mattina del 30 luglio 1848, la più piccola brezza non gonfiava le sue vele, e tuttavía *la mer était agitée, houleuse, come si elle était soulevée par une force extraordinaire....*, e soltanto a sei ore della sera *le vent commença à souffler*: ed era l' uragano di *Shang-Haï* e di *Formose*. La notte fu terribile; il bastimento navigò *tellement couché que les vagues arrivaient de plein pied dans le navire, et qu'à la lettre, il marchait à moitié sous l' eau*. Nella susseguente mattina schiarì alquanto il cielo e *la hauteur du soleil* mostrò che il legno era stato trasportato *à plus de 50 milles au S.*; *chose qui nous surprit*, dice la relazione. » E che a me non sorprende punto, io aggiungo, poiché do il giusto valore al trasporto che dovevano avere i marosi in quella notte, tanto più che il mare non aveva *plus de 8 à 10 brasses de profondeur*.

366. * Da questo fatto e da altri ancora il nostro autore fra gli indizî precursori pone *la houle* che precede il vento, la quale *est un caractère distinctif du demi-cercle dangéreux*,

e con la rara chiarezza che egli possiede ed adopera nel descrivere tutti i più complicati fenomeni della natura, dimostra la causa cha fa precedere l' indizio della ondulazione del mare a quello dello stesso barometro, specialmente *dans les typhons, dont le direction est plus rectiligne.*

367. * Molti altri fatti potrei citare, raccolti dal Keller in sostegno del suo giudizio, ma basterà, credo io, aggiungerne ancor uno. Egli ci dice: « *La houle* di N.E., la quale si è fatta sentire a Macao il 13 settembre 1849, 14 ore avanti del vento di N.E. che l' aveva sollevata, *était un indice de l' approche du demi-cercle dangéreux du typhon*, nel quale il vento più violento rappresenta *la somme des vitesses giratoires et de translation qui s' ajoutent.* »

368. * Questo autore ha notato pure il segno non fallace della intumescenza che si manifesta nelle coste e nei porti anche *avant la baisse barometrique.*

369. * Zurcher ha scritto: « *La mer* dà degli indizî che devono mettere i naviganti in avvertenza: *elle est agitée par de longues houles* quarantotto e sovente settantadue ore *avant le cyclone.* »

370. * H. W. Dove, sebbene quasi nulla si occupi degli effetti delle onde marine in queste straordinarie tempeste, avvertendo che Reid ha di già chiamata l' attenzione su questo fatto, tuttavía parlando dei cicloni nota: « Il mare è irregolarmente tormentato ad una distanza di trecento a quattrocento miglia per tutte le tempeste di questa natura. » Ma abbiamo veduto che siffatto avviso si riceve anche molto più lontano.

371. * Le tempeste ordinarie ancora, cioè quelle rettilinee o anche *ouragans fixes*, come le chiama il Keller, producono gli stessi indizî, ed è ugualmente utile tenerne conto.

372. * Fra gli annunzî dell' avvicinarsi di una di quelle furie di vento che i brasiliani denotano sotto il nome di *Pampèros*, Duperrey avvertiva *la mer diversement agitée par des lames courtes et fatigantes.*

373. * Givry, parlando della costa nord di Francia, ci dice: « *Les indices les plus certains des grands vents d' aval sont, au large, la houle qui vient de l' Océan, et dans le voisinage de la terre, le bruit du ressac sur les roches et sur les plages.* »

374. * Finalmente E. K. Calver fra i *signes qui pronostiquent le temps*, annovera *une grosse houle venant du large sans cause apparente, les mouvements de marées qui ont lieu tout à coup, un courant très-fort là où il est ordinairement faible.*

375. * Come si manifesta l' azione del vento per il moto ondoso anche più giorni prima che giunga la tempesta, così doveva manifestarsi l'azione delle correnti; ed ecco in fatto che il Pagel particolareggiatamente ce lo prova. In vero prima di lui il Marsigli aveva già avvertito che quando le correnti continuavano per due o tre giorni a venire con forza dall' occidente, non mancava di sopraggiungere dallo stesso lato il vento di maestrale, e che quando venivano da levante, in seguito i venti soffiavano da questa parte. E dopo il Marsigli, il Piddington, il Keller ed il de Kerhallet notarono più o meno *les courans d'ouragan ou de tempêtes, et le courant dû à l' ondulation d' ouragan*; ma questi autori, per quanto è a mia notizia, non hanno che accennato agli studî delle *correnti di tempesta* come precursori delle tempeste stesse. In vece il Pagel, basandosi sulla propria esperienza, rende ragione della sua ricerca e conclude:

376. * « *Je crois avoir trouvé un moyen certain, non-seulement pour reconnaître un ouragan aussitôt sa naissance, mais encore de préciser à peu près le jour où il atteindra le navire, si le navire est forcé de l' attendre ou ne peut le fuir.*

* « *J' admets en principe qu' un ouragan exerce une influence sur les eaux de la mer à des distances immenses et les attire vers lui.*

* « *D'après cela, si naviguant dans des parages à ouragan, vous connaissez assez exactement les courants qui y règnent ordinairement, et si vous trouvez par vos observations des courants très-différents, vous pouvez en conclure qu' un ouragan est dans l' air.*

* « *Si les courants n'ont pas changé de direction et sont beaucoup plus forts, l' ouragan est dans leur direction; si, au contraire, les courants sont beaucoup plus faibles, nuls, ou ont changé de direction, c' est de ce nouveau côté que l' ouragan se trouve. . . .*

377. * « *L'observation des faits prouvera bientôt si ma théorie est vraie, et, dans ce cas, que faudra-t-il faire* ? étudier

les courants *et ensuite faire des tables ou des cartes des courants.*

378 * « *L'inspection du ciel pour prédire les vents n'a jamais donné des indices bien certains, tandis que l' inspection de la hauteur des eaux ou leurs mouvements a toujours fourni au marin des indices palpables, évidents, d' un vent régnant.*

379. * « *Tout dans la nature suit des lois invariables, et la découverte d' une de ces lois est toujours pour toute l' humanité une conquête profitable et éternelle.* »

380. * Keller avverte che le grandi onde *des ras de marées*, che di sovente si manifestano in tempo calmo nell' isola della *Réunion* (*Bourbon*), sarebbero generate e condotte da un uragano, il cui movimento di traslazione, molto più lento, subisce dei cambiamenti di direzione *et l' empêche de se produire sur les parcours rectiligne des ras de marées.*

381. * E Margollé nota anche egli che *les ras de marée* (fenomeno la cui causa forma oggidì oggetto di speciale studio) *peuvent aussi résulter des courants et des lames que produissent au large les cyclones ou tempêtes tournantes* » ; ed anche, aggiungerò io, le tempeste rettilinee (371).

ARTICOLO DECIMOPRIMO

POTENZA DELLE ONDE CONTRO I BASTIMENTI IN NAVIGAZIONE

382. * Lunga è la serie dei fatti, e non di rado funesti, che ci provano l'immensa potenza sviluppata dalle onde contro i bastimenti anche in alto e libero mare; ma spero che il lettore sarà contento che io qui ne restringa il numero, tanto più che dovrò altrove richiamare la sua attenzione sopra degli altri fatti simili ed anche uguali.

383 * Il compilatore del viaggio di G. Anson comandante il vascello *Centurione* di 60 cannoni racconta che *une vague, telle qu' une montagne, vint fondre sur nous à stribord, et nous donna une si furieuse secousse, que plusieurs de nos haubans sautèrent* ec.

384. * Forster, figlio, ha notato : « *Une vague énorme frappa le vaisseau et inonda les ponts.* L'acqua del mare ricadeva

sopra le nostre teste e spegneva i nostri lumi; di guisa che noi credevamo qualche volta di *être engloutis et rétomber dans l'abîme.* »

385 * Parry ebbe una tempesta la quale, egli dice, *nous abattît le mât de beauprè, celui de misène et le grand mât de hune.*

386. * Rodriguez ha notato che « un *pampèro*, nel 1830, fece traboccare un *brik schooner*, e gettò a secco sulla costa un' enorme balena. »

387. * Zurcher e Margollé han registrato che la fregata a vapore *le Sané*, la quale dalla Crimea andava a Costantinopoli con i feriti, trovò il mare sì grosso, che, *dans un coup de roulis*, un cannone da 30, *amarré sur le gaillard d' avant*, *emporta pitons et palans, et passa par-dessus le bord sans endommager la muraille.*

388. * Fitz Roy su questo soggetto ecco come parla:

* « Allorché le grandi onde dell'Atlantico colpiscono un bastimento sia pur del più alto bordo, esse gli si prolungano violentemente sul fianco (*they sweep her along*), e fanno ad esso ciò che un' onda ordinaria farebbe ad un battello, se cede liberamente e straorza sul mare, non elevandosi contro di esso, nè resistendo (*if freely yielding and lurching over with the sea, not rising against it, or resisting*). Quando ciò accade si ricevono violenti scosse, ed è allora che si soffrono gravi danni.

389. * « In un caso simile a bordo della Teti, bellissima e sparvierata fregata, lo scrivente vide le lande di ferro schiantate, ed un cannone di prora del primo ponte allora arrizzato a traverso dell' albero di maestra (essendo stato trasportato là ed ivi bene assicurato) girò dentro le arrizzature con l' affusto sottosopra per effetto dell' urto di un maroso: uno di quelli, fra i molti, che avevano almeno sessanta piedi (metri 18) di altezza dalla cresta al fondo del cavo. »

390 * Né fa d'uopo di onde di tanta altezza per ricevere notabili danni.

* Le onde di sei metri di altezza *ont produit diverses avaries à bord de la Venus* (gran fregata di 60 cannoni). *C' est ainsi* che un pennone di riserva della gabbia, uno del parrocchetto, e differenti altri pezzi di abete arrizzati nelle parasartie *par des crampons en fer et de fortes amarres, ont été*

enlevées par la mer, malgré ces liens, qui tous furent rompus, siccome ha registrato il de-Tessan.

ARTICOLO DECIMOSECONDO

EFFETTI DEL VENTO CONTRO LE RIVE NEI CASI NON ORDINARI

391. * Dampier racconta che « in *Antigue* nell'agosto 1681 mentre il vento di N.E. *soufflait avec fureur*, il mare spinto al largo dalla *violence du vent*, abbassò talmente che alcuni bastimenti ancorati in 5 e 7 metri di acqua *restèrent à sec*; e restarono così *échoués jusq' à la renverse du S.O. qui refoula la mer vers la côte* con tal forza che non solo i bastimenti furono rimessi a galla, ma diversi di essi *furent jetés à la côte*. Uno fra gli altri fu portato a molta distanza *dans les bois* ec. »

392. * L. Degrandpré ci dice che « nel 1789 fu veduto *tous le pays de Coringui et adjacent submergé par trois lames*, che una tempesta innalzò sopra del livello ordinario, e l'acqua montò sino *dans Yanaon*. Un bastimento, *le Levier*, capitano Bourdé Delavillaubert, fu trasportato *dans les plaines à une lieue de Coringui*. »

393. * Williams ci dà la descrizione di una tempesta nel porto di *Avarua*, isola *Raratonga*, e da quella ricavo che: « Un bastimento delle Missioni *fut porté dans un marais au milieu d'un bois de grands châtaigniers*, ed a più centinaja di metri dalla spiaggia. »

394. * W. Dove ha registrato che in *Charlestown*, il 15 settembre 1752, « tutti i bastimenti che erano in porto furono *jetés à la côte*, ed alcuni *portés à 6 milles dans les terres, dans les marais et les petits cours d'eau*. »

395. * Kotzebue nota che nel 1824 un vento impetuoso accumulò tanta massa di acqua nel golfo di Finlandia che inondò la città di Pietroburgo e produsse dei grandi guasti.

396. * Romme ha registrato che *des vents violens du N.O. ont produit l' inondation des rues de la ville du Cap de Bonne-Espérance.*

397. * Piddington osserva che « l'onda dell'alto mare (*the deep sea wave*), il *flot de fond* degli scrittori francesi, senza dubbio contribuisce alla inondazione (*no doubt assists the inundation.*). »

398. * Keller ancora, che molto ha veduto e moltissimo studiato su i fenomeni delle acque salse in moto, ha notato che « quando la colonna giratoria (degli uragani) passa dal mare su la terra, essa projetta contro le rive tutta l' intumescenza prodotta dall'aspirazione, *et la mer inonde subitement les côtes basses jusqu'à une grande distance dans l' interieur des terres; témoins les desastre du Bengale.*

399. * « Nell'uragano di *Balasore* nell'Indie in ottobre 1831, il mare portò dei bastimenti nell' interno delle terre, *à plus de 14 kilomètres de la côte*, e coprì subitamente *de 4 à 5 mètres d'eau* una superficie di 24 miriametri, ove più di dieci mila abitanti perirono. »

* Lo stesso autore nota ancora molti altri fatti di questa natura.

400. * Trovo registrato dal Jullien, « che gli annali degli Stati Uniti, fanno menzione di una spaventevole tempesta che fece rimontare verso la sua sorgente la grande corrente di Bahama. Impetuosamente respinte nel golfo le acque, si elevarono a più di trenta piedi al di sopra del livello delle più alte maree. Ma quando questa massa enorme principiò a retrocedere contro il vento e nella direzione che essa aveva lasciata, il mare sul suo passaggio si commosse sino nelle viscere. Non mai lo spettacolo che offrí allora il Golfstrim (*Gulf-stream*) è stato superato nella sua terribile grandezza. »

401. * Zurcher e Margollé hanno presa nota di più fatti prodotti, nell' isola de la *Réunion* il 2 febbrajo 1863, dalla immensa forza dei marosi, fra gli altri *les lames avaient précipité dans le bassin du Barachois l' énorme grue et les constructions qui se trouvaient à l'entrée du port.*

402. * In luglio 1862, soggiungono gli stessi autori, le acque *s' engouffrèrent* nelle strade di *Canton*, atterrando delle case, degli edificî e sradicando degli alberi secolari. Si trovò *un navire* trasportato a più di un miglio *dans les champs*. Dieci mila cadaveri furono raccolti. »

403. * Una tempesta nel 1634 *jeta sur l'ile Nordstrand*, ci racconta Margollé, *une haute mer*, che in una sola notte cagionò la perdita di 1300 case, di sei mila abitanti e di 50000 teste di *bétail*.

* Lo stesso Margollé fra gli altri fatti registra pur quello che nel grande uragano che devastò le Antille nel 1772, *la mer s'elança de* 70 *pieds au-dessus de son niveau habituel* ec.

404. * Dal Fitz Roy tolgo quanto appresso:

* « Coloro i quali pretendono che i venti alisei non sono una delle precipue cause dell' accumulamento delle acque nel golfo del Messico, e della conseguente uscita di esse in una vasta corrente, dovrebbero ben considerare ciò che accade nel largo e poco profondo estuario del fiume della Plata. Allorquando il *Pampèro* soffia dal sud e dall' est dell' estuario, in *tutta* la parte superiore del fiume al disopra di Montevidèo, l' acqua s'innalza di più piedi, e di *qualche passo* in *Buenos-Ayres* ed anche di più.

405. * « Da un'altra parte, allorquando i venti tropicali, da settentrione, regnano nell' interno, le acque del fiume si abbassano in proporzione al disotto del livello normale di esse. Le maree vi sono appena sensibili, e questa differenza di livello, differenza di *piedi* in tutti i tempi e di *passi* qualche volta, dipende dalla direzione, dalla forza e dalla durata dei venti che soffiano sulla costa, e di quelli che agiscono più a monte nel fiume.

* « Nella gran rada di *Buenos-Ayres*, si sono veduti i cavalli e le carrette là ove, nei tempi ordinari, i bastimenti sono all'àncora in tre o quattro passi di fondo, ed ove, nelle rare occasioni qui sopra citate, si sono scandagliati sino a sei passi (*six fathoms*, metri 11) di acqua. Questi cambiamenti si debbono principalmente ai venti, ed ancora ad una diminuzione di pressione atmosferica. »

406. * L'Agrippa nel sedicesimo secolo aveva notato che « lo scirocco (*sud-est*) durando sette o otto giorni, porta col suo soffiare più acqua nel mare Adriatico, e tenendo dentro due flussi ogni giorno, fa innalzar talmente l' acqua che Venezia s' inonda d'una canna in altezza sopra la piazza. »

407. * E ai nostri giorni il Marieni ci dice che « se in

tempo di massima marea vi ha burrasca prodotta da venti australi . . . le strade e le piazze della città di Venezia sono inondate. »

408. * Arago ha notato che in alcuni punti del Mediterraneo *des coups de vent du sud-ouest, ont élevé les eaux de 7 mètres* al disopra del livello ordinario; ma questo effetto *était purement locale.*

409. * Smith riferisce che in seguito di venti di sud-ovest soffiando a tempesta, il livello del mare di Toscana s' innalza di 12 piedi (3m,66).

410. * E. Pareto Raffaele, parlando del porto di Genova, mi fornisce i seguenti fatti con le sue importanti considerazioni.

* « Non so, egli dice, se si debba rapportare all' azione diretta dei venti un fenomeno assai comune, chiamato *maremoto* dalla nostra gente di mare, e che è un insolito gonfiarsi del mare, che cagionò dei gran danni, a varie riprese, nel porto. Secondo il contrammiraglio *Mameli* il maremoto è una conseguenza di un temporale al sud-ovest, e proviene dall' accumularsi delle onde alla bocca del porto, che le riceve come un imbuto. Quest' ultima supposizione non ci par necessaria per ispiegare l'alzamento del livello del mare, alzamento però sempre pericolosissimo, perché va congiunto con la burrasca che entra pienamente nel porto. La forza del mare in simili circostanze è tale che, come dice il prelodato contrammiraglio, « si è veduta la fregata il Carlo Felice trascinare tre àncore prolungate di ottanta braccia e gettarsi sul molo vecchio. »

411. * « Si trovano relazioni di varie furiose tempeste che imperversarono nel porto, ricordate dagli annalisti e raccolte dal *dott. Canobbio* nella sua *Topografia-fisica della città e dei contorni di Genova*; ma fra queste non rilevo che le seguenti le quali presentano il carattere di *maremoto* di sopra accennato, cioè un rialzarsi ed un abbassarsi del livello del mare.

* « 1303, 23 Luglio — Svanirono le acque nel nostro porto sino al monastero di S. Tommaso sicché molta gente discese a prendervi i pesci, i quali erano rimasti all'asciutto, e durò la mancanza due ore. » (*Stella, Giustiniani*).

* « 1613, 10 novembre. Scatenatosi furiosissimo vento di libeccio, eccitossi orribile tempesta di mare anche nel porto,

che a memoria d'uomini non ve n'era giammai stata una somigliante: durò l'impeto della marea fino alle ore 18 italiane del dì seguente e travagliò per tanto spazio il naviglio, che tre soli legni vi ressero, ed il rimanente colle sartie e le gomene qua e là si dispersero; ma di particolare confusione e sbigottimento riuscì l'ingresso che il mare si aprì nella città, il quale, ambizioso di ricuperare gli antichi confini, inondò la piazza del Molo, la Ripa ed altri siti più esposti e bassi, ove furono trasportati alcuni piccoli legni per camparli dal naufragio » (*Casoni*).

* « 1693, 24 novembre. La mattina del dì 25 novembre è sorta nel mare ligustico una non più veduta tempesta. Furono molti di avviso che fosse ella effetto, anzichè del solito vento di Garbino, d'un generale terremoto risvegliatosi in quest'acqua, ed era invero caso singolare e stupendo, che innalzaronsi le onde senza punto infrangersi da 100 passi (!) all'aria, a guisa di quelle dell'Oceano allorché infuria; rimasero perciò i due moli, che chiudono il porto, per non piccolo spazio di tempo ricoperti intieramente dai flutti. Entrarono quindi nel porto quali altissime montagne e vi affogarono un vascello e dieci barche con assai persone » (*Casoni*).

* « 1802, 27 ottobre. Nella notte del 27 ottobre improvvisamente le acque si ribassarono moltissimo ed i navigli sentirono il fondo » (*Multedo*).

* « 1843, 28 febbraio. Essendo il barometro disceso al disotto dei 730 millimetri, il pelo dell'acqua s'elevò di 60 centimetri (!) di sopra del livello medio inondando la calata; alzamento di cui i più vecchi marinaj non si ricordano di aver veduto altro esempio. » (*Osservazione fatta in darsena. Descrizione di Genova e del Genovesato*).

412. * « Dopo queste citazioni, pensiamo, riprende il Pareto, che si dia fra noi il nome di maremoto a qualunque alzarsi o sbassarsi del mare, senza tener conto delle cagioni che lo producono.

* « Può questo, secondo noi, provenire da una prolungata azione del vento in certe date direzioni, e forse anco da fenomeni vulcanici sottomarini. Appoggiamo la prima parte della nostra opinione ad un'osservazione che troviamo in *Francklin* di uno stagno lungo 13500 metri e profondo circa $0^m,90$,

del quale un forte vento prolungato mise a secco una parte, innalzandone di egual quantità il livello della parte opposta. (Questo fatto è uguale a quello che io ho citato al n.° 241). Quanto alla seconda non possiamo qui entrare in considerazioni geologiche per difendere tale o tale sistema. »

413.* « La forza viva di coteste onde (di quelle, aggiungo io, di cui si è parlato in questo articolo) è tale, osserva Duperrey relatore all'accademia delle scienze di un'opera del Keller, *qu'elles arrachent et entraînent à terre toutes les parties mobiles du fond*: per tal modo, in una sola notte, l'escavazione eseguita a gran costo per fare un porto a *Saint-Gilles*, nell' isola *Bourbon*, è stata riempita con delle migliaja di metri cubi di arena *apportés par un raz-de-marée*.

414.* « Sopra le rive di dolce inclinazione, la circostanza di una profondità di fondo eguale al doppio dell'altezza delle onde, *arrive infailliblement; aussi est-ce là que la puissance de transport des ondes et les accumulations de gains de flot exercent le plus de ravages*, ciò che spiega l' inutilità dei tentativi fatti sino ad ora per costruire un porto in *Saint-Denis* nella stessa isola, e come la corvetta l'Urania, due anni dopo il suo naufragio nelle isole *Malouines, a pu être portée sur le rivage à une distance considérable du point de la côte où elle avait été échouée*. I frequenti disastri, egli conclude, sopra le nostre rive di arena e di ghiaje, quelli sì celebri di *Saint-Jean-de-Luz*, di *Cherbourg*, di *Plymouth*, di *Portsmouth* presentano *des particularités analogues* che ugualmente si danno negli effetti prodotti all'entrata e nell' interno dei fiumi *par un phénomène de marée, désigné selon les lieux, par le nom de Bore, de Pororoca et de Macrée ou Mascaret*. »

415. * In somma tutte coteste specie di onde, sotto nomi diversi e non tutti esattamente appropriati, sono in sostanza tutti flutti di natura identica, i cui effetti presso i lidi variano soltanto nella intensità loro, la quale è sempre in ragione della potenza impressa dal vento nel fenomeno, della qualità dei materiali di cui è costituito il letto sottomare, e della forma e struttura del lido.

CAPITOLO TERZO

ALTEZZA, LUNGHEZZA E VELOCITA' DELLE ONDE NELL'OCEANO—E NEL MEDITERRANEO —— IN QUAL PROFONDITA' ESSE SI MOSTRANO FRANTE ALLA SUPERFICIE DELL'OCEANO — E DEL MEDITERRANEO —— PROFONDITA' OVE GIUNGE L'AZIONE NOTABILE DELLE ONDE SENZA CHE ESSE SI FRANGHINO ALLA SUPERFICIE DELL'OCEANO — E DEL MEDITERRANEO —— POTENZA DELLE ONDE NELL'OCEANO — E NEL MEDITERRANEO —— RILEVANTI LAVORI DELLE ONDE IN NOTA PROFONDITA' ED IN DETERMINATO SPAZIO DI TEMPO —— RISACCA NEI DUE MARI —— ALCUNI FENOMENI DEL MOTO ONDOSO IN CIRCOSTANZE SPECIALI —— CONSIDERAZIONI GENERALI — GHIRLANDE DI TERRENI AVVENTIZI NEI DUE MARI —— COLORAMENTO DELL'ACQUA DEL MARE.

ARTICOLO PRIMO

ALTEZZA, LUNGHEZZA E VELOCITA' DELLE ONDE NELL'OCEANO

416. **Les lames*, nota Arago, *envisagées sous leurs différents aspects, offrent un champ de recherches presque inépuisable.*

417. Perché le onde possano raggiungere un'altezza e velocità imponente è necessario che molto vasta sia la superficie del mare, e molto profonda la massa dell' acqua. Se l' una o l'altra di queste condizioni manca, le onde saranno sempre relativamente di piccola altezza, per quanto durevole, esteso e di conveniente angolo d' inclinazione e forza possa essere il vento. Per questo motivo quelle del Mediterraneo sono molto meno alte, voluminose e veloci di quelle dell'Oceano.

418. In un mare libero e molto profondo le misure ed il moto delle onde sono, generalmente parlando, proporzionali alla velocità, inclinazione e distesa del vento, e seguono la sua direzione; ma quando esso è molto furioso, l'altezza ed il volume loro diminuiscono sensibilmente, e noi abbiamo per dettato che *gran vento abbassa grandi onde*: e però, quando il vento è di lunga durata, di non eccessiva forza e di vasta estensione in superficie, ha molta influenza a favorire sempre più la cavità, quindi l'altezza, il volume e la velocità delle onde.

419. Vicino i lidi la progressione delle onde è molto ritardata ed alterata, non solo per l'ostacolo che loro frappone il letto del mare, ma puranche per i materiali di cui si caricano e che trasportano: e ciò tanto più, quanto più si appressano al lido.

420. In fine, a compimento di queste idee generali sulla formazione e sullo sviluppamento delle onde, rammenterò con le parole del Frisi: « L'ondeggiamento che la tempesta porta in dato luogo non è l'effetto dell'azione immediata del vento in quel luogo istesso. È un risultamento dello sbilancio e degli urti delle altre colonne d'acque circonvicine: e queste di mano in mano risultano dagli urti delle altre colonne più lontane: e così lo svolgimento di un dato volume di acqua è un risultamento delle azioni esercitate dai venti su tutto il mare. Questa è la ragione per cui i marinari dal moto delle onde si accorgono molte volte delle tempeste vicine anche più giorni prima che il vento arrivi, e si preparano con le vele a riceverlo. E così pure qualche volta sul fine della tempesta, quand'anche sia cessato il vento, continua un ondeggiamento grandissimo per vari giorni, appunto perché il vento non ha ancora finito di sconvolgere il mare più di lontano, e perché il moto in un fluido non elastico e denso come l'acqua si deve propagar subito da un luogo all'altro, quantunque la distanza sia grande.»

* Di questi generali fenomeni dal Frisi accennati, come si è già visto, ho formato oggetto di speciale articolo (355 a 381).

421. A maggior chiarezza poi di una delle verità indicate dallo stesso Frisi io aggiungerò, che siccome l'azione di una forza nel trasmettersi perde di sua intensità, così, come nella trasmissione del suono e della luce, la propagazione orizzontale delle onde marine si diminuisce allontanandosi dalla sua

origine; quindi il mare può esser calmo presso la riva, mentre grandi onde possono nello stesso tempo agitarsi a molta distanza da essa.

422. * La misura dell'altezza delle onde in alcuni autori lascia incertezza, il che credo facesse dire ad Arago: *Naguère on se trompait du simple au double sur leur hauteur maximum.*

* Questa misura, a parer mio, dovrebbe esser dedotta dal cavo o piede alla sommità o culmine dell'onda, e non dalla superficie ordinaria del mare. Quando non si fa menzione del punto di partenza della ripetuta misura, ritengo che si possa intendere dal piede al culmine.

423. * La distanza da culmine a culmine di due onde è dai marini e dalla generalità degli scrittori chiamata lunghezza dell'onda; Leonardo e Newton la dicono larghezza e Monnier amplitudine. Io mi atterrò all'uso dell'arte mia.

424. De Goimpy porta l'altezza massima delle onde a $13^m,15$, la lunghezza a $61^m,72$ e la velocità a $8^m,12$ per secondo di tempo. Egli deduce questi valori dalla velocità del vento, ammettendo un rapporto costante fra questa velocità e quelle misure, il che in pratica non è sempre vero (417 a 421). Il de la Coudraye dice che le onde di otto metri di altezza non sono rare, e che difficilmente oltrepassano dieci metri. La lunghezza loro è, secondo lui, *presque toujours* più che quadrupla dell'altezza, e *souvent dans une proportion beaucoup plus grande.* Bremontier, dalle notizie raccolte dai naviganti e dalla sua teoría, è indotto a credere che i marosi abbiano qualche volta un'altezza maggiore di venti metri; e la stessa sua teoría gli fa stabilire inoltre *que la longueur et la hauteur* delle onde *sont dans* le *rapport de 4 à 1*; ma, a mio parere, ben fece egli ad avvertire che la *conséquence* da trarsi da cotesta legge poteva *être susceptible de discussion*, quindi la presentava *comme une présomption.*

425. * Romme avverte che *si la force du vent décide de la hauteur d'une lame*, il che io aggiungo non è sempre vero, *elle n'influe pas également sur sa longueur*, il che è vero, e tanto più, quanto è meno libero lo svolgimento dell'onda (419).

426. Babron stima che in alto e libero mare l'altezza delle onde è, in generale, circa il quarto della velocità del vento:

« un vento la cui velocità è di cento piedi per secondo, eleverà le onde a 24 piedi di altezza » : così egli si esprime; ma io credo che di rado si avveri la sua proposizione.

427. Più geometri hanno voluto sottomettere al calcolo il rapporto di questi tre valori dell'ondulazione, *mais* , temo che debba anche oggi ripetersi con de la Coudraye, *mais c'est abuser du désir de parler géometriquement que d'énoncer ces rapports si variables sous des expressions mathématiques*. Tuttavía io bramo che questo mio timore venga dimostrato mal fondato, perché sento col de Tessan , quanto sarebbe a desiderarsi che uno de'giovani geometri, a cui le più grandi difficoltà del calcolo *ne sont qu'un jeu*, abbracciasse per soggetto delle sue ricerche *la théorie des* ONDES RÉELLES, per farne conoscere *tous les détails de forme, de mouvement et de propagation sous les diverses influences auxquelles elles se trouvent réellement soumises à la mer.*

428. Dopo la calda polemica che nel 1837 si accese fra Arago e Dumont d'Urville, la misura dell'altezza, lunghezza e velocità delle onde va occupando seriamente i navigatori; ma non tanto ancora quanto è necessario. D'Urville avea detto di aver veduto al sud dell'Africa delle onde *formant de vraies montagnes* , le quali misuravano circa 30 metri di altezza : modo di dire un poco iperbolico, modificato però dalla misura approssimativa che ne dà ; mentre il dire già usato da Cook fu completamente iperbolico quando scrisse « le onde erano delle vere montagne, esse erano più alte della nostra alberatura »: un tal linguaggio bisognava abbandonare, misurando delle onde i veri limiti.

429. * Come fino a questa data si era trascurato di risolvere, in una maniera regolare, quale fosse la più grande altezza delle onde; così , ed anche più, si erano trascurate le misure della loro lunghezza e della velocità loro.

430. Secondo Arago le onde dell'Oceano non supererebbero l'altezza di 6 a 8 metri.

431. De Humboldt porta l'atezza a 11 metri. Marescot e Gourdin ne han misurate di quelle di 11^{m}, 50. Gervaize e Desgraz di circa 12 metri. Dumoulin di 8, 10 , 11 ed anchè di 12 metri.

432. D'Urville in un tempo *calme* misurò delle onde pro-

venienti da direzioni opposte *qui s' entre-croisaient* ; e trovò di 5 metri quelle dell' est, e di 7 a 8 metri quelle del sud-ovest.

433. Il Wilkes, il 27 febbraio 1839, mentre era nella latitudine di 61° 21'S., e long. 60°49'O. di Greenwich ci racconta:

« Il mare essendo alto e notabilmente regolare mi offrì l' opportunità che io aveva da lungo tempo desiderata; quella cioè di stabilire, con buone osservazioni, l' altezza delle onde non che la larghezza e velocità di esse. Non vi ha dubbio che sia molto difficile il dedurre questi valori con esattezza, e però io credo mio dovere riferire i mezzi che adottai, perchè si possa giudicare quale fiducia meritano i risultamenti da me ottenuti.

« Questa opportunità fu di gran lunga più favorevole di quella che ebbi nell'alture di Madera, quando io potei ottenere soltanto un' approssimazione della loro velocità. »

434. Egli si servì per l'operazione di due bastimenti, il *Porpoise* ed il *Sea-Gull*.

« Il *Porpoise*, continua il Wilkes, era direttamente da prora del *Sea-Gull* e distante solo due onde; la stima del cammino dei bastimenti dava circa otto nodi per ora, ed ambo erano apparentemente molto stabili (*apparently very steady*). Nel gittare il solcometro vidi che la barchetta (*clip*) nel ritirar la sagola quando si trovava sulla sommità della prossima onda a poppa, era distante in linea retta 380 piedi (115^{m}, 78) eguali ad un sedicesimo di miglio, e lo *schooner* (*Sea-Gull*) essendo sulla onda antecedente a quella della barchetta, era due volte distante il numero di piedi su indicato cioè un ottavo di miglio.

435. « Il tempo impiegato da un' onda per passare dallo *schooner* al brigantino (*Porpoise*) fu di 13 secondi prendendo la media di molti esperimenti, dei quali nessuno variò di oltre un secondo e mezzo. Ciò dette circa ventisei miglia e mezzo l'ora per il loro apparente moto progressivo (*about twenty-six and a half miles in an hour for their apparent progressive motion*).

436. « E per ottenere l' altezza delle onde colsi il momento, quando lo *schooner* si trovava nel cavo del mare ed il mio occhio a bordo del *Porpoise* nell' orizzonte, di osservare dove

la linea dell'orizzonte tagliava l'albero: la seguente figura serve d' illustrazione.

« Questo traguardo mi dette trentadue piedi (9m, 75). Le onde correvano più alte e più regolari in questa occasione di quello che io le abbia vedute in qualunque altra circostanza durante la corsa (*The waves ran higher and more regular on this occasion than I have seen them at any other time during the cruise*). »

Il vento aveva gradatamente ingagliardito, e le onde principali ordinatamente si susseguivano.

437. Vionnois ebbe 13m di velocità di propagazione in un secondo, ed una lunghezza di 300m quando *la mer est houleuse*. Il medesimo in una tempesta trovò la velocità di propagazione di 20 metri, e 400 metri di lunghezza.

438. Gourdin nelle onde di circa 11 metri di altezza stimò la lunghezza loro circa 100 metri.

439. Gli ufficiali della fregata inglese l'*Inconstant*, secondo Acton, misurarono delle onde alte 62 piedi (18m, 89).

440. De Tessan in onde di 2m,6 a 3m,3 di altezza trovò 75 metri di lunghezza: in altre di 6m,3 a 6m,6 di altezza, più di 100m di lunghezza: in alcune di 3 metri, 150 di lunghezza: e in altre di 6 a 8 metri di altezza, 100 a 150 metri di lunghezza.

441. * Nell'ultima edizione francese di Horsburgh (1853) si legge ancora: « Noi crediamo che siansi fatte poche osservazioni in mare ad oggetto di determinare la velocità dell'onda la quale deve essere maggiore al largo che in vicinanza del lido, giacchè quivi si mescola nell' acqua la rena ed il fango, *et que la lame est d' ailleurs retardée par le frottement qui s'exerce sur le fond* » (418 e 419).

442. * Dopo questa avvertenza egli registra:

« W. H. Wollaston, essendo all'àncora presso la costa di levante d' Inghilterra, ha trovato che l' onda faceva circa 60 miglia all'ora.

443.* « E che D. Thomson, fuggendo d'innanzi al tempo al largo del capo di Buonasperanza trovò, dopo ripetuti esperimenti, che l'onda filava circa 30 miglia per ora. »

444. * J. Tate, nel mare della Cina, stimò la velocità dell'onda per 16 miglia l'ora, mentre il suo bastimento ne filava 8 correndo in poppa. Esse erano molto grandi e lunghe.

445. * Du Guay-Trouin, nel paraggio delle Azore in una tempesta, mentre girava in poppa, *une grosse vague*, egli dice, *vint de l'arrière* la quale innalzò la mia poppa in aria, e nello stesso momento *il en vint une autre encore plus grosse, de l'avant*, la quale passando al disopra del mio bompresso, *et ma hune de misaine*, sommerse tutto il davanti del mio vascello sino all'albero di maestra. »

446. * L'Argonauta del *Nautical Magazine*, vecchio marino che ebbe veduto e sperimentato delle più forti burrasche sul mare, come egli stesso fa notare, prendendo per base una sentenza dell' Arnott sull' altezza delle onde compilò un' articolo per dimostrare l'errore di essa.

* Questo fisico aveva stampato: « Così terribile è lo spettacolo di una tempesta sul mare, che esso è generalmente veduto come a traverso d' un prisma che ne altera il giudizio; e per alte che siano le onde, la immaginazione se le figura anche di più. Nessun' onda sorge più di dieci piedi sopra l'ordinario livello, i quali con i dieci che la sua superficie di poi discende al di sotto di esso, formano venti piedi (6^{m}, 10) per tutta l' altezza dal fondo d' ogni vallata d' acqua alla sua cima. »

447. * A questa sentenza dell' Arnott il confutatore fa seguire un lungo e logico ragionamento, ma io mi limiterò a qui riprodurre due sue esperienze.

* Il 29 luglio 1805, al nord delle *Barbados*, mentre egli trovavasi a bordo del *Centauro*, vascello di 74 cannoni, ebbe occasione di osservare un' onda di 50 piedi (15^{m}, 24) di altezza.

448.* In una di quelle tremende tempeste del continente americano, egli, a bordo di una fregata che navigava in vista di un gran bastimento, la misura del quale dalla linea di galleggiamento all'estremità dell'albero maggiore non doveva essere

minore di 90 piedi (*not have been less than* 90 *feet*), notò che quando i due bastimenti erano nel fondo delle vallate di due onde essi erano invisibili l'uno all'altro (*When both ships were depressed , they were invisible to each other*) , e quando uno saliva sulla cima di un'onda e l'altro scendeva, una parte degli alberi dell'ultimo era visibile al primo.

* Dopo questo esempio egli soggiunge :

* « Resta pertanto ad esser provato se, a circa un miglio di distanza, un'onda alta 20 piedi è bastante per nascondere alla vista il corpo e gli alberi di un bastimento alto 90 piedi (27^{m},42).»

449. * E poscia osserva :

* « Come mai si possa giungere alla conclusione che nessuna onda può elevarsi più alta di 10 piedi dal livello della superficie del mare, noi lo ignoriamo : egli è del resto un fatto stabilito che quelle che si sono chiamate onde *accidentali* raggiungono una elevazione superiore a un *centinaio* di piedi (metri 30 circa).»

450. * Sette anni dopo nello stesso *Giornale*, avendo egli avuto occasione di parlare nuovamente dell' altezza delle onde, porta a 34 piedi (10^{m},36) l' altezza di una grande onda , ma non *accidentale*.

451. * Pentland scriveva ad Arago, « *qu'il n'a jamais trouvé dans les parages du cap Horn, pendant les plus violentes tempêtes que la frégate le Stag a éprouvées, de vagues qui s'élevassent à* 20 *pieds anglais,* 6 *mètres, au-dessus du niveau moyen de la mer* (ossia 12 metri di altezza dal cavo, o fondo dell'onda alla sommità di essa). *La plus grande hauteur des vagues au-dessus du pont de la frégate a été de* 18 *pieds anglais.* »

452. * Back, nella sua maravigliosa navigazione nella baja di *Hudson*, durante l' invernata del 1836 al 1837 , stimò per due volte a 30 piedi inglesi (9^{m},14) l'altezza delle onde. E qui cade in acconcio il notare che in coteste onde galleggiavano molti pezzi di ghiaccio, i quali possiedono al più alto grado la proprietà di racchetare il mare il più agitato, siccome osserva Dumont d'Urville, e che il luogo dell'osservazione è un bacino relativamente ristretto, ove il mare non può mai giungere, né approssimarsi, all' altezza che attinge nelle latitudini e nei paraggi ove le onde sono suscettibili di acquistare più di due mila leghe di libero stendimento.

453. * Andew. Lang il 3 gennaio 1833, in lat. 26°. 54′ N. e long. 20°. 01′ O., con vento di N.N.O. misurò delle onde di N.O, la cui altezza verticale era almeno di 40 e qualche volta di 45 piedi (13^{m}, 71); ed avverte che egli era più allarmato per l'agitazione, il gorgoglío, l'arruffamento e il minaccioso aspetto delle loro creste, le quali tanto disaccordavano con la moderazione del vento in quel momento, che per l'altezza delle onde. Quindi egli conclude che *vi doveva essere stato un vento duro da N.O.* (*severe gale to the N.W.*).

454. * Dumoulin, Demas e d' Urbeville hanno *estimé les lames à* 30 *pieds* (9^{m}, 74); *cependant*, essi notano, *elles étaient bien moins rémarquables par leur hauteur que par la pésanteur des sécousses qu'elles occasionnaient, à cause de leur peu de développement.*

455. * Guglielmo Walker dopo aver parlato di una sua scrittura relativa ad alcune modificazioni sulla bussola, passa a confutare le opinioni della signora Borrow circa l'altezza ed il moto delle onde del mare. Di che si esprime così:

* « Essa pensa in un suo scritto inserito nella *Polytechnic Review* di luglio 1844, e gravemente lo asserisce, che la discesa di un' onda non possa essere più di dieci piedi in un secondo, e che l'acqua può cadere nell' atmosfera da un altezza soltanto di 16 piedi nel primo secondo.

456. * « Nel fare quest'avventata conclusione, la scrittrice trascura il fatto che, quantunque l'altezza verticale per la quale un corpo cadente discende nel primo secondo ascenda a 16 piedi, pure la sua *velocità finale* sarà in ragione di 32 piedi per secondo! È questo un soggetto che non è mai stato completamente discusso, ed io scenderò a pochi *fatti ed esempi* relativi alle onde del mare. Questi forniranno dei dati per una speculazione scientifica.

« 1.° L'atmosfera preme con forza elastica di circa 2000 libre inglesi sopra ogni piede di superficie d'un'onda, e questa pressione dall' alto in basso è in aumento del peso dell' acqua formante l'onda.

« 2.° È stato detto ed accertato che l'onde del mare scorrono con una velocità in ragione di 46 piedi in un secondo di tempo, o di ventisette miglia per ora.

« 3.° Che l'elevazione d'ogni onda fu trovata essere di ventisette piedi al di sopra, e ventisette piedi al disotto il livello del mare (totale metri 15,24).

« 4.° Che le onde in una tempesta hanno raggiunto la cima della lanterna del Faro di *Eddystone* (metri 32,48).

« 5.° Che il comandante e gli officiali di S. M. del legno l' *Incostant* stavano sul cassero del bastimento che fuggiva innanzi al vento, *poppa in alto* e *prua in basso* fra due onde adjacenti, ed eglino potevano vedere le onde sul loro capo guardando per sopra il pennone della vela di parrocchetto.

« 6.° Che il pennone della vela di parrocchetto, quando si abbassava alla cappa, era sessantadue piedi sopra il castello di prora (*fore castle deck*) , e settantasette piedi sopra la linea d'acqua del bastimento (cioè metri 23,46).

« 7.° Che l'atmosfera è capace di condurre un traino di *waggons* sopra una strada ferrata e sopra un piano ascendente colla velocità di 100 piedi per secondo , e che quest' enorme forza elastica resistendo sopra la superficie d' un mare agitato deve combinarsi colla forza di gravità , e quindi modificare il movimento delle onde. »

457. * Quando il nostro autore pubblicava questo articolo, aveva già eseguite delle importanti esperienze dirette sulle onde del mare, e John Scott Russell rendevane di pubblica ragione i risultamenti principali premettendo ad esse questo suo autorevole giudizio:

* « Le migliori osservazioni di questo genere che ho potuto ottenere furono fatte , per il Comitato dell' associazione britannica, dal capitano del porto della Regina in *Plymouth*, Guglielmo Walker , il quale ha posto molta attenzione a questo subietto. Egli osservava le onde *nel mentre che attraversavano uno spazio di circa mezzo miglio* fra due gavitelli (galleggianti ancorati), notando il tempo del passaggio, ed ancora il numero delle onde in distanza fra i gavitelli , la cui distanza era esattamente conosciuta. »

458. * Egli , il Russell , avverte inoltre :

* « Che nel contare il numero delle onde si rinvenne grande difficoltà nel seguire una sola onda lungo la detta distanza. In fatti spesso si vedeva un'onda frangere prima che giungesse al

posto cui si supponeva dovesse pervenire. I risultati delle velocità ottenutesi dagli sperimenti del sig. Walker sono molto vari. Ma col togliere dall' assieme tutte quelle velocità che il ripetuto sig. Walker accenna come incerte, io ho trovato le residuali molto prossime a quelle esposte nella tavola XXI. *La profondità dell'acqua attraversata dalle onde sottoposte ad esperimento è di* 40 *a* 50 *piedi* (media 13^{m},71). »

459. * Dopo questa premessa il citato Russell pubblicava, come ho detto, un sunto degli sperimenti del Walker; ma io credo miglior partito qui riprodurre per intero ciò che di esse pubblicò inseguito (un'anno dopo del Russel) lo stesso Walker. Così credo pure pregio dell'opera far precedere e susseguire alla dimostrazione dell' esperienze le riflessioni dettate nell' articolo unitovi dall'autore di essi.

460. * « Le onde dell'Oceano, dice il Walker, da qualunque sorgente esse derivino, sono state sempre riguardate come un oggetto importante alla nostra attenzione, ancorché pochissimo si conoscano le leggi da cui esse derivano, aumentano o vengono traslatate. Gli uomini di terra, quando si trovano imbarcati in cattivo tempo, sono generalmente tanto incomodati dal mal di mare e dal movimento del bastimento che diventano inutili per qualunque osservazione o ricerca filosofica. D'altra parte gli uomini dell' arte avvezzati al mare fino dalla più tenera età, divengono tanto famigliari con ogni specie di onde, che questo argomento è indifferente per essi.

461. * « Frattanto è certissimo che si hanno delle idee molto erronee circa le onde. » Qui l'autore accenna al linguaggio poetico tenuto da molti scrittori nel parlare metaforico dell'altezza delle onde. Cita Ossian, Thompson e altri poeti: e segue come appresso.

462. * « Preso dalla manía di osservare le onde, ed abbandonato *Daddy Neptune* per fare i presenti esperimenti, io mi accinsi seriamente al lavoro nella mia ufficiale residenza, la quale è trenta piedi dentro l'Atlantico, e tremila ottocento miglia dalla più vicina terra della costa nord-est dell'America meridionale; le onde, pertanto, che venivano dal sud-ovest avevano molto considerevole distesa (*fetch*). Io forse aveva la migliore opportunità per raccogliere i maggiori fatti possibili circa le onde:

le onde, che hanno quasi sempre attratto la mia attenzione. Dieci o undici anni fa, io feci alcune osservazioni sull'innalzamento delle onde, le quali furono inserte e pubblicate nel nostro *Magazzino* (Vedi - *Oceanic Undulations* pag. 513 vol. del 1836 - Ed.). Ora vi mando quelle che io feci a *Plymouth*, nella supposizione che possano essere di qualche utilità: siccome nulla di questo genere è stato mai pubblicato, (l'autore intenderà forse nel giornale citato, ovvero questo articolo fu scritto prima della pubblicazione del Russell (457)), così esse presentano dei dati utili alle ricerche matematiche. Le osservazioni sono disposte in un prospetto, con brevissime note estratte da un mio scritto, dove il soggetto è pienamente discusso. »

463. * Seguono il prospetto e le note o schiarimenti.

OSSERVAZIONI FATTE SULLE ONDE CHE SI STENDONO DA *BOVISSAND* AL CAPO EST DI *PLYMOUTH BREAKWATER*

Num.° delle osservazioni	Data delle osservazioni	Profondità del mare	Distanza percorsa dall' onda	Tempo del transito	Distanza da onda a onda	Corsa dell'onda	Direzione e forza del vento	Barometro	Velocità in miglia per ora	Velocità per secondi	Numero delle onde in una unità di tempo	Altezza delle onde
	1841	piedi	piedi	secondi	piedi					sec.i	N.°	piedi
1	Agosto 11	46	2265	61	320	E.N.E.	N.N.O. forte	29.65	21.9	37.6	7 1/2	3
2	Sett. 5	48	2265	66	175	N.E.	N.E. leggero	» 72	20.2	34.3	13	2 1/2
3	» 7	46	2760	136	110 1/2	N.E.b.N	E. fresco	» 7	12.0	20.2	25	2 3/4
4	» 13	48 1/2	2760	64	345	N.E.	S.E.	» 7	25.4	41.5	8	4
5	» 14	49	2760	75	345	N.E.	S.E. forte	» 7	23.4	37.8	8	4 1/2
6	» 28	42	2760	61 2/3	450	N.E.b.N	S.b.O.	» 36	26.5	44.5	8 1/4	
7	» 28	50	2760	60	460	N.E b.N	S.O. forte	» 15	27.1	46.0	6	med.
8	» *29	45	2760	66	442	N.E.	N.N.O. m.	» 23	24.7	41.8	6 1/4	27
9	» 30	40	2760	67	408	N.E.	S.O.	» 24	24.2	41.2	6 3/4	mod.
10	Ott. 1	47	2760	60	345	N.E.	N.E. leggero	» 57	27.1	46.0	8	bass.
11	» 2	45	2760	75	306	N.E.	calma	» 7	21.7	36.8	9	lung. bass.
	1842											
12	Genn. 14	40	2760	72	394	N.E.b.N	N.O.	» 6	22.6	38.3	7	»
13	Marzo 1	49	2760	75	306	N.E.b.N	N.O.	» 2	21.3	36.5	9	»
14	Aprile 29	48	2760	65	460	N.E.	E.b.N.	28.28	25.2	42.5	6	»

« N. 1. *San Carlos* a *Bovisand Rocks.*

» 2. Questa sera soltanto dieci onde sopra spazio (*wave over space*).

» 3. Distanza traversata da *S. Carlos Buoy* a *Pier.*

» 4. Le onde divengono più forti vicino a *Pier.*

» 5. Il vento E. ha probabilmente diminuito la velocità delle onde.

» 6. . . . . .

» 7. Le grue sono state abbattute sopra la diga (*cranes being washed down on the breakwater*).

» 8. Marea calante, barometro sorgente e il mare si frange in cinque *fathoms* (9^m,10).

» 9. Delle piccole onde sono scorse dentro le grandi.

» 10. Acque alte.

» 11. Ondeggiamento (*swell*) di mare che si calma.

» 12. Queste onde sorgono pel vento di sud-ovest di jeri.

» 13 e 14. Queste onde coll'abbassarsi indicano l'approssimarsi di un vento di sud-ovest.

464. * « Questi risultamenti furono notati colla più grande cura, e possono aversi per correttissimi. Senza entrare in discussione sul grandissimo numero di risultati che potrebbe ottenersi dall' analizzare la tavola, io posso stabilire due o tre fatti cioè:

« 1.° La velocità delle onde è ritardata a misura che esse si avanzano nell'acqua più bassa.

* « Io ho veduto un' onda sopraggiunta emergere dentro un'altra (Num°. 1).

« 2.° La velocità delle onde non dipende dalla loro altezza (Num°. 8 e 10).

« 3.° Quegli esperimenti in una grande scala sembrano confermare un risultato ottenuto dallo Scott Russell in piccola scala, cioè, che quando la profondità dell'acqua uguaglia l'altezza di un'onda, questa si rompe, e diventa onda di traslazione (V. num°. 8).

« 4.° L' acqua profonda facilita le ondulazioni delle onde (Sett. 28, num°. 6 e 7), il flusso s' innalzò di otto piedi, e

l'accrescimento di velocità delle onde era di un piede e mezzo per secondo. »

465. * Relativamente all' asterisco posto nella colonna delle date presso il giorno 29 settembre 1841, l' autore pone in nota le seguenti avvertenze:

* « In questo giorno l'altezza delle onde non ispezzate fu dedotta da molte osservazioni. Il medio livello delle acque calme fu notato col mareometro e l'occhio dell'osservatore essendo 32 piedi sopra il livello del mare, il suo orizzonte visibile era di 39,520 piedi. Il galleggiante (*Tinker Shoal*) (gavitello ancorato in un banco) era distante 6,180 piedi, e siccome le onde sollevavano questo galleggiante, la sommità di esse si trovava sopra la stessa linea dell' occhio dell' osservatore e del suo orizzonte visibile. Essendo cognita la distanza dell' orizzonte visibile e l'altezza dell'occhio, non che la distanza del *Tinker Buoy*, l'altezza dell'onda per mezzo di questo galleggiante può essere così trovata cioè: 39520 : 32 piedi :: 39520-6180 : 27 piedi, altezza dell' onda sopra il medio livello; e siccome il mare si frangeva in profondità di 5 passi, le depressioni erano uguali alle elevazioni, e l' altezza fra le due estremità o piuttosto il concavo sarebbe di 54 piedi (16m,46).

466.* « Lasciando ai nostri lettori, prosegue sempre il Walker, di fare le comparazioni, e di stabilirne delle conclusioni, io posso brevemente asserire che la forza idrostatica e idrodinamica che esercita l'acqua, è molto lungi dall'essere ben compresa, come il dovrebbe, da coloro che assumono i doveri o il titolo d' ingegnere civile.

467.* « Colui che immaginò il gran serbatojo di ferro, scoppiato l' altro jeri a Liverpool essendo pieno soltanto per due terzi, distruggendo tante proprietà e sommergendo parecchie persone, non conosceva nulla della *pressione* che quel serbatojo avrebbe dovuto sostenere quando fosse stato pieno d' acqua. La pressione idrostatica a qualunque profondità, è come il quadrato della profondità stessa, uguale alla somma di tutte le pressioni sopra di essa. Computando la forza che un' onda è capace di esercitare sopra un solido immerso nel mare, abbiamo da prendere in considerazione la ragione colla quale l'acqua si muove o preme contro il solido, in addizione alla pressione

idrostatica sopra di esso. Vi sono molti, i quali credono che l'impulso d'un volume di acqua in moto sopra una costruzione solida oppostagli, sia come il volume moltiplicato per la velocità, qual'è il caso quando un solido preme sopra un altro solido, come un masso di ghiaccio sopra una pietra. Ma una piccola riflessione ci convincerà che la forza esercitata sopra un ostacolo solido da un volume d'acqua in moto, non è proporzionale alla velocità dell'acqua, ma al *quadrato* della sua velocità.

468.* « La velocità colla quale un'onda viene portata in avanti, è uguale alla velocità colla quale l'*ondulazione* era precedentemente mossa, e quantunque un'altissima onda sia sempre pericolosa, non sono sempre le più alte onde, le più distruggitrici.

* « Se si esamina la tavola delle osservazioni, si vedrà che al num°. 7, si avevano delle onde moventesi in ragione di quarantasei piedi per secondo (14^{m},02): queste onde erano le più spaziate (*far apart*), e di mediocre altezza. Esse non pertanto lavavano via (*washing*) i grandi blocchi (*huge blocks*) di marmo attorno alla diga (*breakwater*) ed abbattevano le grue al di sopra di essa, mentre altre onde più alte e più spesse moventesi in ragione di piedi 41.8 (12^{m},69) per secondo, erano meno distruttive per i lavori. Vedi num°. 8.

* « L'effetto essendo, *caeteris paribus*, come il quadrato della velocità, possiamo valutare quanta dovrebbe essere l'altezza delle onde, che si propagano in ragione di 46 piedi, per uguagliare l'impulso delle onde alte 27 piedi, con velocità in ragione di piedi 41.8 per secondo.

Sia x l'altezza richiesta, avremo

$$41.8^2 \times 27 = 46^2 x .$$

Ora da questa equazione si ha il valore di

$$x = 22 .$$

Quindi apparirebbe che l'altezza delle onde nel 28 di settembre dovrebbe essere stata più di ventidue piedi per produrre degli effetti sopra la diga, quantunque la loro altezza fosse certamente minore dell'altezza di quelle misurate il giorno susseguente. »

469. * Intorno a queste importanti esperienze del Walker è mio dovere avvertire che, per il luogo ove esse furono eseguite, il

risultamento delle misure e della potenza delle onde, anche in tempo di alta marea, dovea aver subíto l'influenza del fondo e quella delle resistenze laterali; quindi quel risultamento non può essere generalizzato (209,418 e 419); e però egli è soltanto buono per quel sito, o siti che si trovino in condizioni analoghe.

470. * Giacomo Clark Ross ha registrato:

« Durante il nostro viaggio a traverso la baja di Biscaglia (ossia golfo di Guascogna) mai non avemmo favorevole occasione di misurare l'altezza delle sue onde, poiché non esperimentammo violenti tempeste: avemmo tuttavía un mare molto tempestoso ed irregolare (*a very rough and awkward sea*) causato da forte vento da S.O., il quale si rimescolava (*mixing*) confusamente con il lungo e rotolante ondeggiamento da N.O., proprio di questa baja (*with the long rolling north-westerly swell peculiar to this bay*). Le onde più alte che noi misurammo superavano appena i trentasei piedi (metri 11) dalla loro base alla sommità (*scarcely exceeded thirty-six feet from their base to their summit*); la velocità del loro moto, e la distanza che le divideva non poterono essere determinate, poiché mancava un altro bastimento.»

471. * Il medesimo navigatore mentre era, approssimativamente, nella lat. 32° 00'S. e long. 2° 00'E., di *Greenwich* diretto all' Est ci dice:

* « Sebbene il vento da S.O. del precedente giorno appena giungesse alla forza di moderato vento fresco (*to a moderate gale*), tuttavía noi ci trovammo questa mattina (29 febbrajo del 1840) fra un grosso ondeggiamento (*into a heavy swell*) da quella direzione. Il risultato di vari sperimenti dette soltanto 22 piedi (6^{m},71) per l' intera altezza delle onde, ossia 11 piedi sopra e 11 sotto il livello generale dell'Oceano; la velocità di esse era di 89 miglia per ora (*eighty-nine miles per hour*), e l' intervallo fra ciascuna onda di 1910 piedi (*nineteen hundred and ten feet*) (581^{m}, 92).

* 472. Lo stesso Ross nella medesima spedizione, ma circa due anni dopo (20 gennajo 1842), trovandosi in lat. 66° 36' S. e long. 159° 39'O., in un gran fortunale ebbe un momento in cui il *Terror* (bastimento di' conserva) gli si trovò così vicino che quando esso si elevò sulla sommità di un' onda, l' *Erebus* era sulla sommità dell'onda prossima a sottovento dell'altro; il

profondo vuoto fra le onde si riempì di grossi massi di ghiaccio rotolanti, ed a misura che i bastimenti discendevano nel cavo fra le onde il pennone di gabbia di maestra (*the main-top-sail yard*) di ciascun bastimento, poté essere con esattezza veduto al livello della cresta della onda che si frapponeva tra essi dalla coperta o ponte dell'altro bastimento (*and as the ships descended into the hollow between the waves, the main-top-sail yard of each could be seen just level with the crest of the intervening wave, from the deck of the other*). « Da ciò, egli conclude, si può formare l' idea dell'altezza delle onde, come ancora della perigliosa situazione dei nostri bastimenti. »

* L'*Erebus* era di 370 tonnellate ed il *Terror* di 340.

473. * Missiessy *embarqué sur le brick le Sylphe, marchant de conserve avec le brick le Cerf, dans un terrible coup de vent reçu à la hauteur des Açores, et qui dura du 9 au 22 février 1841, s'attacha à déterminer où aboutissait, sur la mâture de ce second bâtiment, le rayon visuel mené tangentiellement aux crêtes des deux vagues consécutives. Cette observation lui donna pour la hauteur maximum des vagues, de 13 à 15 mètres.* Questo fatto e queste misure sono riprodotte dall'Arago.

474. * Nel *Nautical Magazine* trovo le seguenti esperienze fatte per determinare la lunghezza, altezza e velocità del mare presso il capo di Buonasperanza.

* « L'altezza del mare fu determinata col metodo raccomandato dal sig. Arago cioè : — osservando l'altezza con l'occhio elevato sopra la linea di galleggiamento a livello della cresta dell' onda sopraveniente coll' orizzonte del mare, quando il bastimento trovasi nel cavo dell'onda. — Questo metodo, che a bella prima può sembrare difficile , noi lo trovammo , dopo un poco di pratica, atto a dare bellissimi risultamenti quando prendemmo le medie di molte osservazioni (*to be capable of giving very fair results, where the means of a number of observations were taken*).

475. * « La lunghezza del mare fu misurata notando la lunghezza della sagola necessaria per filare una tavola da poppa del bastimento (*by noting the length of line required to veer a spar astern of the ship*) quando va in poppa di modo che la tavola potesse trovarsi sulla cresta di un'onda quando il bastimento

era sulla cresta dell'onda antecedente. Talvolta, quando il mare era regolare, io ho ragione di credere che noi ottenemmo un risultato molto prossimo al vero.

476. * « La velocità del mare fu ottenuta notando il tempo che la cresta dell'onda impiegava a passare dalla tavola alla poppa del bastimento; aggiungendo naturalmente la velocità che il bastimento percorreva a quella osservata.

Data	Num. di osservazioni	Forza del vento	Velocità del bastimento	Altezza dell' onda	Lunghezza dell'onda	Tempo di passaggio dalla tavola al bastimento	Velocità del mare per ora	Osservazioni
			Nodi	Pie-di	Fath.	Se-condi	Nodi	
Apr. 21	...	...	7.2	22	55	10.0	27.0	Bastimento in poppa, con grosso mare se-
23	8	...	6.0	20	43	8.0	24.5	guitato. » »
24	6	...	6.0	20	50	10.0	24.0	» » »
25	9	..	5.0	. .	35.40	7.0	22.1	» » »
26	...	...	6.0	...	33	7.4	22.1	» » »
Mag. 2	6	...	7.0	22	57	10.4	26.2	Mare irregolare, vento e mare sull'anca.
3	7	...	7.8	17	35	8.9	22.0	(*wind and sea on port quarter*).

(NOTA. Il nodo corrisponde a m. 1852, il piede inglese a $0^m,30$, il *fathom* $1^m,82$.)

477. * W. Scoresby nel corso di due viaggi a traverso l'Atlantico, dall'Europa all'America e viceversa, eseguiti nel 1847 e 1848, *ebbe*, come egli stesso nota, *opportunità di esaminare alcuni elementi che compongono la natura delle onde dell'alto mare* (*deep-sea waves*). E posta a profitto questa opportunità, con lo scopo d' istituire degli esami in ogni circostanza che presentavagli qualche interesse, compilò un pregevole Rapporto, dal quale credo merito dell'opera trarre almeno i seguenti particolari.

478. * Prima di tutto egli avverte « che i risultamenti ottenuti *su questa importante parte dei fenomeni naturali* furono meramente pratici, cioè *indipendenti da qualunque teoria.* »

* Nel suo primo viaggio da *Liverpool* a *Boston*, ottobre 1847, giuocò vento *piuttosto molto fresco a prora, o quasi*

a prora. Egli si trovava a bordo di un piròscafo. Il *mare era alquanto grosso*.

479. * Situato in 22 piedi circa al disopra della linea di galleggiamento, egli dedusse che *la media altezza del maggior numero delle onde* (contando dal cavo massimo alla cresta dell' onda) *non giunse a quella misura*, ma il minor numero di esse, *comprendendone una fra quattro o cinque*, si elevò tanto alta da *giungere da* 26 *a* 28 *piedi* (media 8^m,23).

* « Questa elevazione io credo, egli dice, fu la massima, meno il caso di un accidentale innalzamento nel passare alla loro sommità (*topping or crossing waves*). » La media di tutte le osservazioni in questo viaggio gli dette onde di 18 a 20 piedi di altezza (media 5^m,79).

480. * Nel secondo viaggio (1848), cioè in quello di ritorno dall'America, *incontrò onde più alte*. In questo egli era a bordo del piròscafo *Hibernia*, la cui particolare costruzione gli somministrava *diverse piattaforme di conosciuta elevazione sopra la linea di galleggiamento*. Inoltre, egli nota pure, *la direzione della rotta del bastimento relativamente a quella delle onde, fu in genere quasi uguale in guisa da offrire propizia occasione per misurare la larghezza*, o ampiezza (*width*) *e velocità di esse*.

* La sua prima osservazione ebbe luogo in circa 51° di lat. N. e 38°50′ di longitudine O. La direzione del vento era da O.S.O e la corsa del bastimento N. 52°E. Dal giorno innanzi, 4 marzo, il vento soffiava *freschissimo* e a rifoli. *Sublime spettacolo offrivangli le agitate acque, e non rammentava di aver veduto altra volta il mare tanto terribilmente magnifico*.

* I suoi occhi erano a 30 piedi e 3 pollici di altezza dal piano di galleggiamento; « *livello che*, egli fa notare, *fu mantenuto molto soddisfacentemente durante il tempo dell'osservazione*, giacché il bastimento si trovava dentro *il cavo del mare* ed in una posizione piana e retta, mentre l' onda prossima giungeva al suo massimo di altezza.»

481.* Qui ancora notò onde minori ed onde maggiori. *Almeno una metà oltrepassarono molto al disopra del suo occhio*, che val quanto dire erano più alte di dieci metri. Osservò *lunghe serie* di onde (non creste acuminate) *che si estendevano per forse cento jarde* (metri 91) *da un lato all'altro del*

bastimento: il mare veniva allora *quasi direttamente da poppa.* Le indicate serie di onde si elevavano tanto in alto sopra l'orizzonte visibile da formare un angolo di due a tre gradi, quando la distanza della sommità dell'onda era di circa cento jarde dall' osservatore ; quindi l' altezza delle onde si ebbe maggiore di quasi 13 piedi al di sopra del livello dell'occhio di lui (in tutto 13^{m},10). Alle volte delle creste di onde *che si frangevano* o sotto passavano si elevavano almeno da 10 a 15 piedi più in alto.

482. * Egli ha creduta l' altezza media di tutte le onde misurate in questa occasione non minore di piedi 30 (9^{m}, 14) e l' altezza media delle più alte , *non comprendendo le creste rotte, od acuminate,* di circa 43 piedi (13^{m},10) *sopra il livello del vuoto occupato dal bastimento.*

483. * Nelle ore pomeridiane il vento si rese anche più forte, il barometro da 29,50 scese a 28,30 : le creste delle onde rotolanti fuggendo troppo lentamente, quantunque rapido fosse il progredire di esse, venivano frante e trasportate a discrezione dal vento (*and the tops of rolling waves, too tardy, rapid as was their actual progress, for the speed of the assailing influence, to be carried off and borne along on the aërial wing in a perfect drift of spray* !) Ma durante il periodo di queste imponenti operazioni della natura, egli ebbe la *fortuna, per la pratica,* che possedeva, *del mare, di proseguire* le intraprese osservazioni.

484. * Nel giorno 6 aggiunse *alla importanza di queste investigazioni lo sviluppamento del carattere dell'onde atlantiche sotto lunga e continuata influenza di un vento di forza quasi costante.* Egli rinnovò le sue osservazioni alle dieci antimeridiane, *mentre la tempesta erasi mansuefatta, e l'altezza delle onde erasi sensibilmente diminuita.* Tuttavía ne misurò alcune di 26 piedi 7^{m}, 92) di altezza , e delle altre di 30 piedi (9^{m}, 14). Se non che ebbe a notare una *importante differenza* fra quelle del giorno antecedente, in cui il vento le vessava col massimo della sua forza, ed è *che non furono di grande estensione sulle creste , non presentando che un moderato prolungamento, sebbene fossero più che semplici punte coniche.* Il barometro si alzò a pollici 30,00 misura inglese.

485. * Relativamente alla lunghezza dell'onda, o sia alla distanza fra il culmine dell'una e quello dell'altra; e rispetto alla velocità di propagazione di essa onda, egli sviluppa, con molta

chiarezza, i varî metodi usati per ottenere queste misure. Per la media lunghezza trovò 559 piedi (170^{m},31) e per la velocità media ebbe piedi 17251.7 cioè miglia 32, 67 secondo lo statuto inglese per ora, pari a chilometri 53.

486. * Egli fa notare che « I diversi elementi impiegati nel calcolo di queste misure, *possono tutti essere reputati accurati, tranne uno;* e quest'uno *è quello della media distanza da cresta a cresta delle onde.* Ma questa stessa misura, *per un duplice processo di osservazioni e di compensazioni,* egli *suppone convenientemente esatta.* »

487. * Una favorevole occasione ebbi anche io per misurare l'altezza, la lunghezza e la velocità delle onde nell'Atlantico, e più favorevole ancora dello Scoresby. Io aveva sotto i miei ordini due piròscafi che di conserva navigavano : e potei eseguire le osservazioni con due bastimenti, come praticò la spedizione americana (dal 433 al 436). Metodo il più sicuro per ottenere le ricercate misure con la possibile esattezza.

* Avendo preso per guida dei maestri come lo Scoresby, il Wilkes ed altri citati, credo di poter ispirare nel lettore fiducia bastante sul risultamento delle mie osservazioni, perciò risparmierò a lui la pena ed a me il fastidio di riprodurre qui tutte le precauzioni usate ed i particolari dei calcoli fatti per ottenere le misure medie di cui si tratta.

488. * Due piccoli piròscafi, uno di 40 cavalli e l'altro di 30, il primo nominato san Pietro comandato dal tenente Prospero Palomba ed il secondo san Paolo comandato dal tenente Raffaele Castagnola, partivano da Londra diretti per Roma. Io a bordo del san Pietro.

* Nelle ore pomeridiane del 25 al 26 giugno 1858, i detti due piròscafi si staccavano dall'isola *Ouessant* : poco mare da Ponente, e bava da Borea. Profittando della bella apparenza del cielo, non che del barometro che si conservò al buono, a golfo lanciato, intraprendevano a traversare il golfo di Guascogna. Nella notte piccole bave variabili dal quarto quadrante, aria serena, mare come sopra. Circa le ore 9 antimeridiane del 26 sorgono nubi nel primo e quarto quadrante, e mette vento di E.N.E. : a mezzodì ci troviamo in 46° 51′ di latitudine nord e 7° 12′ di longitudine ovest di Parigi. Il vento in

quest'ora è al N.E. e cresce molto di forza, il mare scende con esso. Verso sera e nella notte il vento ed il mare vanno sempre aumentando; così nella mattina del 27. A mezzo giorno lo stato fosco dell'atmosfera impedisce il punto osservato ; quello di stima dette lat. 43° 58′ nord , long. 8° 19′ ovest. Nelle ore pomeridiane , il vento è di tal forza , ed i marosi sono di tal grandezza che tanto l' uno quanto gli altri sembravano giunti a considerabili proporzioni. Si corre in fil di ruota, perché molto pericoloso sarebbe, per gl' indicati piròscafi, prendere il mare sui lati e peggio al traverso. Io credetti allora essere il momento favorevole per dar principio alle osservazioni sull'altezza, lunghezza e velocità delle onde. Le altezze parziali e quella totale degli alberi del san Paolo dalla linea di galleggiamento, mi erano perfettamente note, ed aveva i disegni di quel piròscafo a bordo del san Pietro. In tempo delle osservazioni il san Paolo navigava direttamente nelle nostre acque alla distanza media di circa seicento metri. Io traguardavo le altezze delle onde disegnate nell' altezza degli alberi del san Paolo , appoggiato al coronamento di poppa del san Pietro. Il tempo per le altre misure era contato con oriuolo a secondi, ed ero con diligenza assistito dagli ufficiali di bordo. Barometro 76 centim.

489. * L'altezza media delle massime onde risultò, dal cavo alla cresta , di metri 10,25, la loro lunghezza di metri 158 e la velocità di propagazione loro di chilometri 26,800 all' ora. Di queste tre misure la prima può aversi in conto di esatta , e certo può ispirare più fiducia delle altre due , specialmente dell'ultima, la più difficile ad ottenersi quantunque si corresse in fil di rota , perché le osservazioni della prima furono più delle altre ripetute e con molto più facilità eseguite.

490. * Nella notte del 27 al 28 la tempesta conservò tutto il furore ; quindi nella seguente mattina io aveva divisato ripetere le indicate osservazioni; ma ad un'ora e mezzo antimeridiana, nostro malgrado, i fanali del san Paolo non erano più visibili , e all' alba questo piròscafo non era in vista. Le sue forme fluviali e la sua piccolezza mi ponevano in qualche apprensione; ma la ben nota bravura e capacità del suo Comandante mi davano tuttavía motivo a sperar bene: e difatto anche questa volta ebbi il piacere di vedere realizzata la mia speranza.

491. * Al sorgere del sole l' impeto del vento mozzava le creste delle onde e sembrava non voler permettere ad esse di alzar la schiena. Questo fatto non era nuovo per me, ed anche lo aveva già letto in Bontekoe, in de Kerquelen, in de Pagès, in de Tessan ed in Ross. Il primo, cioè Bontekoe, ci dice che « mentre il vento era nella sua più grande violenza, il mare era unito come una tavola; sembrava che non potesse elevarsi. Ma a misura che il vento diminuiva, il mare s' innalzava con tanto impeto che la salute del bastimento era gravemente minacciata. » Il secondo cioè de Kerquelen notò: « la forza del vento era sì terribile *que la mer, qui était toute couverte d'écumes, ne pouvait point s' élever.* » Il terzo: « il vento era sì forte *que la lame ne pouvait grossir considérablement.* » Il quarto: « Quando il vento diviene subitamente *d'une violence excessive* la cresta *des lames pyramidales et des ondes* è tolta via dal vento sotto forma di polvere di acqua che oscura l' orizzonte, *et la hauteur des lames en est très-sensiblement diminuée* ec: » ed il quinto infine scrisse: « Il mare procelloso dinanzi al quale noi avevamo rapidamente corso, si era ammansato per la forza del vento, giacché le creste delle onde erano lanciate completamente sopra di noi in vasti strati di acqua (*whilst the tops of the waves were driven completely over us in sheets of water.*)

* Quindi, ancorché il san Paolo fosse stato ancora in vista, non si sarebbero potute ripetere le osservazioni del giorno antecedente, imperocché la superficie del mare era talmente in trambusto, e così arruffata, che sarebbe stato impossibile determinare la misura di un'onda e tener dietro all'andamento di essa.

492.* Coll'aumentar del giorno diminuì la potenza del vento, e l'ondulazione si ricompose; ma le onde, stimai, non avessero più di sei a sette metri di altezza. La velocità media del piròscafo, nel corso della tempesta, fu di nodi otto e sei decimi l'ora.

493. * Fleuriot de Langle, dopo di aver rammentato la viva discussione fra d'Urville ed Arago sull'altezza delle onde, della quale io già feci parola (428), conclude: « *Les études que j'ai faites, et que je rapporte un peu plus loin, donnent raison à l'amiral d'Urville; le lames atteignent souvent, dans les latitudes polaires, plus de 100 pieds d'élévation, entre le creux et le sommet de la lame.* »

494. * Nell'articolo destinato a sviluppare gli studî, ai quali egli allude, registra *un exemple remarquable* che egli ha osservato sopra la fregata *Poursuivante* in ottobre 1847, *aux environs du cap de Horn.*

* Nella giornata del 7 all' 8 di detto mese *le vent devint si violent* che, *sous le petit foc*, la fregata, nel corso della giornata, filò 13 nodi: *ce qui donne une vitesse de* 6^{m}, 66 *par seconde.*

* « *Dans les ouragans pareils*, egli dice, il vento ha certamente una violenza quattro volte più grande di quella che esso imprime al bastimento. *Ainsi le 7 octobre la vitesse du vent devait être de 27 mètre par seconde* ciò che effettivamente è la velocità del vento nelle grandi tempeste.

495.* « *Nous pûmes tous observer*, prosegue, *pendant une grande partie de la journée qu'en nous mettant près de l'habitacle, la crête de la lame paraissait par-dessus la vergue du petit hunier, qui était serré.* » Qui egli entra ad indicare il modo seguíto per trovare *la hauteur absolue de la lame au-dessus du niveau moyen de la mer*; accenna anzitutto alla pratica di trovare la lunghezza delle onde, cioè *par le loch et par le temps écoulé entre le déplacement de deux sommets consécutifs*, ed aggiunge che questa misura *a un rapport costant avec la vitesse avec laquelle se meuvent ces sommets*; dice che Keller *a trouvé que ce rapport était sensiblement comme 1 à 4*, e comparando l' ondulazione del mare *au mouvement du pendule*, e deducendo da questo che *un corps tombant dans le vide* percorre 4^{m}, 9 nel primo secondo di tempo della sua caduta, dice che *cette vitesse paraît donc devoir être le maximum de celle des lames, qui varierait ainsi de 8 à 10 milles à l' heure.* » Quale immensa differenza tra la velocità massima di 10 miglia calcolata dal Fleuriot de Langle e quella senza condizionale di 89 misurata dal Ross! (471).

496.* Per la lunghezza delle onde il medesimo navigatore, dice poi: *Les sommets des lames étaient éloignés de 200 mètres dans le coup de vent dont il est question*; questo *écart* lo sorprende, ma ne trova degli esempi in Scoresby e in de Tessan. E per l' altezza di esse onde, termina con concludere: « *Ces données diverses m'ont servi à calculer que la hauteur apparente*

de la lame était de 33 mètres et que la hauteur absolue était de 17 mètres au-dessus du plan moyen. »

497. * Dussard ha veduto nel 1770, *la crête des lames atteindre 15 mètres sur le banc*, di *Rochebonne*, *par un coup de vent de S.O.*: ed in estate *un seul jour de brise fraîche de la partie Ouest* permetteva a Bouquet de la Grye, *de mesurer en dehors des têtes des hauteurs de lames de* $3^m, 80$. Ora è noto, dall' esplorazione fatta da questo ultimo nel 1859, che le teste degli scogli più elevati di questi frangenti sono a $4^m, 70$ ed 8 metri sotto la superficie dell'acqua in bassa marea.

498. * Figuier porta a 12 metri l'altezza delle onde presso il capo di Buonasperanza, a dieci metri presso quello di Horn *et dans nos mers*, egli dice, *elles atteignent rarement 3 mètres.*

* Prendendo in considerazione le suindicate altezze, e specialmente il valore di questa ultima cifra e la forza dell'espressioni che l'accompagnano, io ritengo per fermo che il Figuier intende parlare di altezze prese dal livello normale del mare.

499. * De Wüllerstorf - Urbair, presso il capo di Buonasperanza, in conseguenza delle osservazioni da lui praticate, trovò che *le onde arrivarono all' altezza di 29 piedi* ($8^m, 84$) *dalla lor base alla cima*, dopo un giorno di tempesta dal S.E. Egli crede che non sia *probabile che le onde oltrepassino l' altezza di 40, o tutt' al più 45 piedi* (inglesi): ma ben più di uno degli esempi contenuti in questo articolo provano il contrario, ed inoltre io porto opinione che la massima onda possibile non sia stata ancora misurata.

500. * Il Fitz Roy ha registrato che il marinaro, attorno il capo di Buonasperanza od attorno quello di *Horn*, vede le onde più maestose, le quali distano l'una dall' altra un quarto di miglio, e s'innalzano sessanta o settanta piedi ($18^m, 28$, o $21^m, 78$) (*sees swelling waves on the greatest scale, a quarter of a mile apart, and rising sixty or seventy feet vertically*).

501. * « Alcune autorità, egli ha notato, ci asseriscono che le onde libere (*unopposed*) giammai s'innalzano più di circa trenta piedi ($9^m, 14$). Così disse, fra gli altri, il compianto Scoresby fino a che egli, nel suo viaggio a bordo del *Royal Charter*, vide e misurò la grandezza delle onde; la quale grandezza egli non aveva mai veduto nelle antecedenti sue navigazioni nei

mari polari, e però continuava a non ammettere. » (Io credo che il Fitz Roy voglia alludere al viaggio ed alle esperienze dello Scoresby, di cui io ho parlato dal numero 477 al 486).

502. * Il medesimo Fitz Roy ha notato ancora che:

* « Le grandi onde veggonsi di rado, tranne ove il mare è profondo e vasto. Le più alte onde che io abbia veduto non avevano meno di sessanta piedi di altezza (18^{m}, 28), misurando dal cavo fra esse perpendicolarmente sino al livello delle due adiacenti onde (*reckoning from the hollow between, perpendicularly to the level of two adiacent waves*); ma nel vasto Oceano durante una tempesta l'altezza comune delle onde varia dai venti ai trenta piedi (6^{m},10 a 9^{m},14).

503.* « Io sono perfettamente informato, e per molto tempo sono stato trastullato dall' asserzione di alcune persone (*I am quite aware of, and have long been amused by the assertion of some persons*), le quali per loro buona fortuna non essendo stati testimoni oculari di onde realmente grandi, credono che il mare giammai s' innalzi al disopra di dodici o quindici piedi, ovvero che veruna onda mai ecceda trenta piedi di altezza, calcolando la linea verticale dal livello del cavo a quello della cresta.

* « Nella *Thetis* (*H. M. S.*), durante un vento di forza oltre il consueto (*during an unusually heavy gale of wind*) nell' Atlantico non lungi dalla baja di Biscaglia e mentre era fra due onde, le rande di fortuna restarono totalmente in calma (*try-sails were* totally *becalmed*), e la cresta di ciascuna onda si trovava al disopra della linea del centro del pennone di maestra, quando la Teti era in equilibrio fra i due mari (*when she was upright between the two seas*). Il detto pennone era a sessanta piedi (18^{m}, 28) dalla linea di galleggiamento.

* « In quel momento, prosegue il nostro autore, io mi trovava in piedi presso il coronamento della poppa afferrato ad una corda (*by a rope*). Io non aveva mai veduto tali onde per lo innanzi, e di poi non ne ho più veduto delle uguali, sia nei paraggi del capo di *Horn*, sia in quelli del capo di Buonasperanza durante le due circunnavigazioni, ed anche in molti altri anni di servizio (*and many years of foreign service*). »

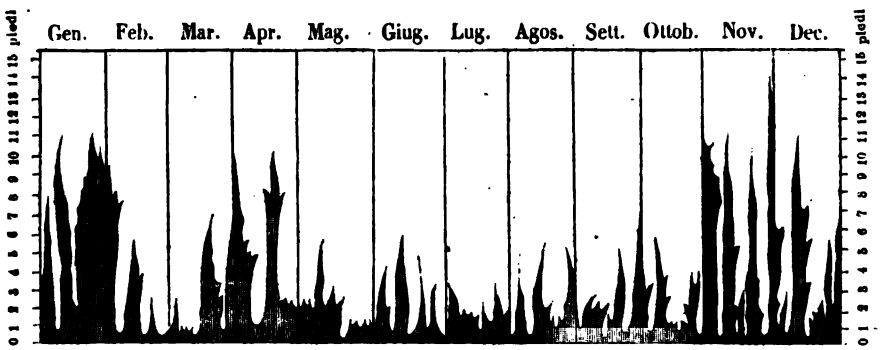
504. * I Compilatori della *Guide du marin* dopo di aver dettata *une manière très-simple* per misurare l'altezza delle onde

ci dicono: *On a reconnu par ce procédé que les plus grandes lames n' avaient pas une hauteur au-dessus de* 8 *mètres*, e, dal modo mostrato per aver la misura cercata, questa altezza massima sarebbe dal *creux au sommet de la lame*. Ma dalla maggior parte degli esempi qui sopra riprodotti ognuno può persuadersi che questa misura di otto metri, è ben inferiore a quella delle più grandi fra le onde dell'Oceano di cui essi parlano.

505. * *La longueur des lames*, i medesimi aggiungono, *lorsque la mer est très-grosse*, è ordinariamente *de* 150 *à* 200 *mètres*. Nel golfo di Guascogna *on en a misuré qui avaient* 400 metri di lunghezza; e la velocità *de ces lames* era di 20 metri a secondo *ou environ* 40 *milles à l'heure*.

506. * T. Stevenson, come esempio del modo subitaneo con cui le coste inglesi del canale della Manica sono visitate dalle tempeste, e per mostrare graficamente la relativa opportunità dei mesi di estate e d'inverno per l'esecuzione dei lavori in mare, ci dà nella seguente figura un quadro delle altezze dei flutti osservate per commissione di lui dal sig. Guglielmo Middlemiss, ingegnere residente nel porto di Lybster.

REGISTRO DELLE ALTEZZE DEI FLUTTI OSSERVATE NEL 1852
A *LYBSTER* CONTEA DI *CAITHNESS* (SCOZIA)



ARTICOLO SECONDO

ALTEZZA, LUNGHEZZA E VELOCITA' DELLE ONDE NEL MEDITERRANEO

507. * Ecco quanto io ho potuto raccogliere per il Mediterraneo. Su questo mare si è molto scritto, ma poco sperimentato.

508. * Marsigli ha misurato, presso le spiagge di Linguadoca, delle onde di 14 piedi (4^{m},55) dal cavo al culmine. E con molto giudizio egli avverte che l'influenza del fondo del mare, nel sito dell' osservazioni, può aver alterata la vera altezza di esse di circa due piedi in più. Secondo lui adunque in libero mare sarebbero state di dodici piedi ossia quattro metri.

509. De Tessan e Bérard misurarono 9 metri di velocità di propagazione per secondo di tempo nelle *grandes ondes*.

510. * Reibell indica per altezza delle onde nel nostro mare metri 3 ai 4^{m},50.

511. * Minard la limita a 3^{m}, 50; avvertendo però che questa cifra si riferisce *aux très-grands vents*; ma che *dans les tempêtes*, le onde acquistano altezze *extraordinaires*, le quali non sono ancora state determinate *avec certitude*.

512. * Frissard dà alle onde 5 metri di altezza nei *grands vents*, ed anche egli soggiunge che questa cifra può essere oltrepassata *dans les tempêtes*.

513. * W. H. Smyth ha trovato nel golfo di Leone delle onde, la cui elevatezza e volume sono più grandi di quel che potrebbe attendersi dall'azione del vento e dalle molecole acquose (*than would be considered to result only from the action of the wind on the aqueous particles*). L'altezza loro in tempo assai procelloso non può essere molto meno di trenta piedi (9^{m},14). Le onde in generale del Mediterraneo, nei cattivi tempi normali, egli le stima da 14 ai 18 piedi (4^{m},27 a 5^{m},49), e spesso, quando ad esse manca libero spazio da svilupparsi, vengono chiamate *chopping* (*onde spezzate*).

514. * Egli è d' avvertire che tanto nelle mie esperienze di sopra raccontate, quanto in quelle registrate ed eseguite dallo Scoresby e da altri, manca l' importante dato della velocità del

vento, avanti e nel momento delle osservazioni. Io non possedeva un misuravento, e forse anche gli altri ne erano privi. Questo istrumento dovrà essere generalizzato nei bastimenti e propagatone l'uso nella navigazione, se si vuole cavare un conveniente e ragionato profitto dal moto ondoso del mare, soprattutto per correggere la navigazione di stima. L'ammiragliato inglese raccomanda sopra ogni altro l'anemometro di Lind, la descrizione del quale, con i perfezionamenti introdottivi da Harris, si trova nel *Nautical Magazine* del 1858 a carte 113: Boutroux, de Kerhallet, de Fréminville, Terquem e Ch. Laboulaye ci avvertono che quello di Combes *peut être avantageusement employé*, e Bourgois, per i venti forti, consiglia l'uso di quello di Morin, il quale, inoltre, è suscettibile *de fonctionner pendant un temps plus long.*

515. * Il de Tessan, nel suo importantissimo viaggio di circunnavigazione eseguito negli anni 1836-1839, lamentava con ragione la mancanza a bordo di tale istrumento in questi termini:

* « *Nous n'avions point d'anémomêtre à bord de la Vénus; et je l'ai beaucoup regretté;* giacché l'espressione *de forte, faible, moderé etc.*, di cui *on ce sert* per esprimere la velocità del vento, sono troppo poco precise, troppo vaghe, *pour qu' on puisse en déduire rien de satisfaisant, pour la théorie des vents*: bisogna assolutamente risolversi ad esprimere queste velocità con valori ben determinati, se si vuole che le osservazioni possano essere utili alla scienza, e contribuire così ai futuri progressi della navigazione. »

516. * Altrove, con molta ragione, il nostro autore è tornato sull'argomento, e con lodevole zelo si è fatto a dire:

* « Per rendere i giornali di navigazione realmente utili alla meteorologia, sarebbe indispensabile di surrogare le voci vaghe e poco precise impiegate per *désigner l' état du ciel et de la mer par des nombres*, i quali solo si prestano a dare comparazioni esatte, e combinazioni fruttuose. *Ainsi, l' état du vent devrait être désigné par sa direction absolue et sa vitesse réelle; l'état de la mer, par la hauteur et la largeur des lames avec l' indication, si elle brise ou non* (ed io aggiungerei anche l'elemento della velocità di esse); *l'état du ciel par le rapport . . .* » E qui l'autore continua l'enumerazione dei

dati, di cui il giornale dovrebbe essere arricchito, ma io torno al mio precipuo scopo.

517. * In seguito, cioè nel 1853, dalla conferenza di Brusselles, già citata (217), furono ammesse due colonne nel giornale di navigazione per notarvi la *direzione* e la *forza* del vento, e queste colonne, sotto il numero 10 e 11 *sont*, al dir di Vaneechout e di Ploix, *certainement les plus importantes du journal, au point de vue pratique du moins*, ed io sono con essi. Ma *les instructions*, dettate su ciò nella conferenza, sono *un peu sommaires*, e difatto lasciano molto a desiderare. E Vaneechout e Maury stesso ha cercato di poi di aggiungervi qualche schiarimento.

518. * Oggi è ufficialmente in uso notare i gradi differenti della forza del vento, nella colonna a questo oggetto destinata, con numeri progressivi dallo zero, *calma*, al dodici, *uragano*, ed essi gradi di forza si deducono dal numero dei nodi che il bastimento fila sino a che giungono a sei, e poscia dal numero delle vele spiegate, e della parte di esse esposte al vento. Ora, egli è facile scorgere quanto vago ed incerto sia questo modo di deduzione dipendendo dalle varie forme dei bastimenti, dal vario stato di nettezza delle carene, specialmente se sono di ferro, dai varî gradi di stabilità di essi, dai varî gradi di solidità delle principali parti dei medesimi, dai varî stati del mare, dalle varie rotte che si percorrono, dal vario uso della potenza del vapore se sono bastimenti misti, dal vario grado di coraggio dei comandanti, dai vari pareri di questi. Quindi ognuno converrà sul bisogno che si ha d' introdurre il proposto uso dei misuravento, se si vuole ottenere un conveniente ed uniforme risultamento dei differenti gradi della forza del vento.

519. * Come sono notevolmente incerti i dati inseriti nei giornali sul valore del vento, così dicasi per quello delle onde; quindi a tutt'oggi, 1864, non si sono ancora posti in pratica, in questa importante parte della meteorología nautica, quegli utili consigli pubblicati dal de Tessan fin dal 1844 (515 e 516).

520. * La pressione atmosferica, ossia la indicazione del barometro, è generalmente con regolarità registrata nei giornali di navigazione, ma mi sarebbe piaciuto che se ne fosse fatta avvertenza nelle circostanze di esperimenti sulle misure

delle onde, siccome da taluno si è praticato. Io credo che non si debba trascurare né anche questo elemento.

521.* W. S. Moorsom ha proposto un istrumento galleggiante per misurare l'altezza delle onde (*Wave-gauge*) che io chiamerei Misuraonde. Con esso si ottiene il massimo dell'avvallamento e della elevazione di qualunque onda marchiati in un'asta, ovunque possa ancorarsi (*where moorings can be obtained*). Quindi può usarsi sopra banchi di sabbia, sieno essi lontani o prossimi alla riva, o sopra altro terreno del fondo del mare, in una parola ovunque possa fermarsi sul fondo istesso.

* Questa condizione però, osservo io, non permette di ottenere da questo istrumento che delle misure relative, giacché sopra un banco o sopra un fondo ove esso può convenientemente ancorarsi, l'onda non conserva più quelle misure che aveva in libero e profondo mare (418 e 419).

ARTICOLO TERZO

IN QUAL PROFONDITÀ DI ACQUA LE ONDE SI MOSTRANO FRANTE ALLA SUPERFICIE DELL'OCEANO

522. Tocco ora l'argomento della profondità d'acqua cui si comunica l'azione delle onde. È certo che la reazione del fondo del mare sull'onda dipende dalla profondità alla quale è il mare agitato: e l'agitazione dipende dal volume e velocità delle onde. L'azione poi sarà decrescente da un certo punto sotto la superficie ordinaria del mare sino all'ultimo limite dell'agitazione; e questa verità non credo che si opponga al fenomeno di maggior potenza di trasporto nelle molecole inferiori dell'onda in confronto a quella dovuta alla parte superiore, quando, beninteso, l'onda trova reazione e forma percussione sopra il letto del mare. Al numero 209 ho accennato che nelle coste e nei moli a picco, in mare profondo, i fenomeni nati dall'urto delle onde danno differenti risultamenti in artificio, perché, come dice Leonardo, « Il moto dell'acqua infra l'acqua muta tanti corsi riflessi per qualunque verso, quanti sono gli obbietti vari in obliquità, che ricevono il moto incidente di tale acqua. »

523. Come abbiamo veduto nel Capitolo primo, per lo

passato si è creduto dalla generalità, che l'oscillazione dell'onda non si trasmettesse che a piccolissima profondità: la teoría si basava esclusivamente su questo falso principio. Agli autori già citati su tale oggetto aggiungerò, che Belidor si mostrava convinto che a 4 o 5 metri al disotto della superficie, *la mer n'y est que peu agitée, même dans un gros temps*, e in otto metri di profondità le più piccole pietre non erano smosse; e che de Cessart e i primi ingegneri della diga di *Cherbourg* sembrano essere stati della stessa opinione. Né basta; nel medesimo capitolo si è veduto pure che questa è anch'oggi l'opinione più accreditata. Ed in conferma riprodurrò le parole scritte e stampate lo scorso anno dall' ingegnere idrografo Germain: *On admet généralement en France que l'agitation de la mer cesse de se faire sentir à 8 ou 10 mètres au-dessous du niveau des mers calmes.*

524. Virla crede Bremontier *le premier* che abbia riconosciuto che l'agitazione delle onde si trasmetta ad una grande profondità: io penso che quanto ci hanno detto su questo proposito Leonardo, Colombo, Castelli, Zendrini, Codeviola, Mari e Spallanzani molto prima di Bremontier sia sufficiente per dare ad essi questo primato. Ed in Francia prima di lui vi sarebbero de la Coudraye, de Fleurieu e de Charbert.

525. Il Montanari ancora aveva dedotto dalle asserzioni de' marinari, che a grandi profondità erano sconvolti i detriti del fondo ed innalzati alla superficie, ma egli spiegava questo fenomeno per una *esalazione* che scaturiva dal fondo, e non per commozione prodotta dal vento (110). Fenomeno che il Russell chiama *onda di primo ordine*, come ho detto (111).

526. In oggi dopo la bella teoría del Poisson ed i fatti che ho raccolti, e che vado ora esponendo, non credo che potrassi più dubitar dell'azione delle onde *in grandi profondità.*

* Questo giudizio io pubblicai per modo diretto sin dal 1854, lo sviluppai e consolidai nel 56 e lo ribadii nel 60.

527. * Se il lettore avrà la pazienza di seguirmi, vedrà che io lo condurrò gradatamente sino a dugento metri sotto la superficie del mare, e colaggiù gli farò intendere che le onde, quantunque non inciampino con tanta forza da cadere e frangersi alla superficie, imprimono tuttavía tale potente urto nel fondo del mare da persuaderci che a profondità ben maggiori

ancora esse conservano notevole forza. Vedi quale strana sentenza e pretesa, dirà taluno, ma io vuò essergli indulgente giacché anche io fui educato nella stessa scuola. Che se egli avrà la compiacenza di venir meco, spero che cambierà di avviso. Nè sarò solo a condurlo, anzi noi avremo per guida dei piloti esperti e coscienziosi; quindi saremo sicuri del fatto nostro.

528 * Prevengo in oltre il lettore che in quella profondità, o ivi presso, troveremo scolpiti dei nomi di uomini che ci han preceduti, pochi è vero ma belli, non logorati già dall'alta colonna di acqua che lor gravita sopra, ma soffogati dal peso del numero smisuratamente maggiore di altri nomi per diversi titoli non meno belli che loro si oppongono.

529. * Se nel viaggio subaqueo, ben lungo in vero e poco dilettevole, fossimo noi tanto fortunati di avere in compagnía un certo numero di quei precettori della meccanica dei fluidi, i quali oggi, tuttor viventi, non vogliono ammettere nelle onde azione *notevole* nel fondo neppure a otto o dieci metri di profondità; siccome leggiamo nei trattati d' idraulica di ogni nazione, siccome abbiamo veduto nel giudizio degli uomini i più eminenti e siccome ci diceva ancora l' anno scorso l' ingegnere idrografo signor Germain (523): io azzardo dire che, se non tutti, gran parte degli accennati precettori, veduti i fatti e dato il meritato valore all'autorità di quei nomi, tornerebbero alla superficie dei mari con un convincimento ben diverso da quello che possano essersi formato dalle idee ricevute nelle scuole e poscia da essi stessi fino ad ora a noi dettate; e di più contento ognun sarebbe dell' eseguito viaggio. Imperocché « al filosofo non dispiace il disinganno, come ben diceva il Poggioli, egli non ama che la verità, a questa consagra i suoi studî ed i suoi sudori. »

* E perché il viaggio sia meno incomodo e più persuadente, noi ci fermeremo in più stazioni intermedie, prima di giungere alla fine di esso. Ci occuperemo anzi tutto dell'Oceano, e poi passeremo nei mari mediterranei.

530. * Principiamo dalla profondità ove le onde urtando e inciampando nel fondo si frangono alla superficie dell' Oceano.

531. * Dentrecasteaux ha scritto: *Les vagues semblaient être autant de brisans, et dérobaient à notre vue les dangers*

qu' il fallait éviter. E questo navigatore si trovava presso la baja dell'*Esperance*.

532. * Picquet ha registrato che presso la baja del Geografo (*Terre de Leuwin*) vi è *une barre qui déferle avec force, sur un fond de 7 à 8 brasses* (media m. 12), *au moment où l'on s'y attend le moins*.

533. * P. Monnier avverte che nel banco *Loup Saint-Marie* (Martinicca) il minor fondo di acqua *est de* 30 *pieds* (m.10). Tuttavía bisogna evitare di traversarlo, malgrado la quantità di acqua che lo copre, *attendu que la mer y est toujours très-grosse, et brise même quelquefois*, quando il vento soffia *avec force*.

534. Il medesimo chiama l'attenzione sopra una platea di scogli (*plateau*) che trovasi nel golfo di Guascogna, nella quale alcune asprezze conosciute sotto i nomi baschi *Aroca Tiquia*, *Illarguitta*, *Placeta* ec. fanno *frangere* il mare, quantunque esse siano coperte di oltre a 26 metri di acqua nel momento dell'alta marea.

535. * De Roquefeuil ha registrato: Noi giungiamo lungo la costa dell' America settentrionale nel Pacifico presso l' *anse des Amis*, *à 3 ou 4 milles avec une brise d' O. N. O. assez forte pour faire prendre des ris*, *et une grosse mer qui déferlait comme des brisans*. Il fondo era di 20 a 30 passi (m. 33 a 49) secondo la carta unita all'*Atlas du voyage de la Pérouse*.

536. In Minard leggo, che « *Artha* (scoglio nella baja di S. Giovanni di *Luz*) trovasi colla sua sommità a 9^m, 30 al disotto della bassa marea. Questo scoglio reagisce sulle onde, che vi passano sopra quando esse non hanno più di 1^m, 50 a 2 metri di altezza: allora i marini del paese dicono *Artha hausse les épaules*. Se l'agitazione del mare aumenta, le onde si *frangono* interamente sopra di esso, mentre ai lati continua intera l'ondulazione; perché (secondo aveva già osservato Bremontier) la profondità ai lati dello scoglio è di oltre 6 metri maggiore. »

537. Lo stesso Bremontier postosi alla sommità di un alta duna della *Teste*, sopra la sponda del mare, in un momento di forte agitazione e a 59 metri sopra il suo livello, distingueva *parfaitement* tutte le seccagne (*hauts fonds*) sulle

quali le onde venivano *a frangersi*, quantunque questi banchi fossero più di 6 metri al disotto della bassa marea. Coteste specie d' isole sottomare gli si rendevano ben distinte per la bianchezza loro, e per le acque che vi balzavano (*jaillissaient*) a grande altezza.

538. De la Roquette osserva che *les ilots de corail* sono meno nocivi in libero mare che nelle acque perfettamente calme. *En pleine mer leur position est généralement signalée par les brisants.*

539. * Horsburgh : « Quando soffia forte vento d'O. il mare *frange* su tutta la lunghezza della *Barra* di Lisbona fra i *Cachops*, e non si possono distinguere questi frangenti da quelli dei banchi. Sopra il banco del Centurione, ove non si trova meno di 7 *fathoms*, (metri 13) di acqua, *et on eut ce brassiage à l'accore du N.E., où nous vîmes de grosses lames briser, et où deux des nos canots manquèrent de chavirer.* »

540. * Ed altrove il medesimo : « Quando *la brise est très-fraîche, la houle devient courte et confuse* sopra le parti meno profonde dei banchi, e le *plus fortes lames déferlent parfois : nous leur avons trouvé une hauteur de 5 à 6 mètres.* »

541. Legendre nota che a *Jstapa*, porto di Guatimala, *la mer brise par 10 et 12 brasses* (17 e 20 metri).

542. Lartigue, dalle proprie osservazioni ha desunto che *par 9 ou 10 brasses* (15 o 17 metri) dicontro la spiaggia della Guiana, il mare è sempre grosso *depuis ce brassiage jusqu' à terre* ; esso *brise même quelquefois comme sur des fonds de roche*, principalmente nel corso della stagione dei venti di N.E.

543. * A. Vidal ha registrato che nelle secche cieche al N.O. di Porto-Santo (Madera), le quali giacciono a 20, 27, e 31 metri sotto la superficie del mare, l'onda *si frange con violenza* nei cattivi tempi.

544. * Givry ci avverte che sopra il banco *du Cardonnet* (baja della Senna) *la mer brise avec violence* quando soffia vento molto fresco da N.O. al N.E.; sul medesimo *il reste 6 brasses d'eau* (metri 10).

* Questo banco formato da una enorme massa di sabbia e di frantumi di conchiglie, *est en pente douce vers le Sud et très-accore vers le Nord.* Questa disposizione, osserva il

Givry, lo rende molto pericoloso con i venti freschi di N.O. al N.E., o allorché la *mer est très-houleuse*, perché le grosse onde, che si muovono con velocità, *y éprouvent un choc violent qui les fait déferler en voûte*. Ed è particolarmente *pendant le jusant*, quando la corrente è opposta al vento, *que la mer est la plus furieuse sur ce banc*. I medesimi effetti, prodotti dalle stesse cause, hanno luogo sopra i banchi della rada di *Saint-Marcouf*, ma con i gran venti dal N. al N.E. soltanto.

* A ridosso di questi banchi si trova per qualche tempo ricovero per i bastimenti, perché i luoghi più elevate di essi *rompent les grosses lames*.

545. * La parte più elevata delle *Bassure de Baas* si trova in bassa marea, da 19 a 25 piedi (m. 6 a 8), sott'acqua. *La mer y brise pendant le jusant, lorsqu'il vente grand frais*, dalla parte dell' Ovest, e nei grossi tempi, *elle y brise, même pendant le flot*.

546.* *Les lames déferlent sur les Four-Mile-Knolls dans les gros temps*, sulla sommità dei quali banchi *de sable* non rimangono *que* 20 *à* 25 *pieds* (m. 7 a 8) *d'eau*.

547. * A sei gomene dai Fari, ed a tre gomene del *Noir-Roc* (è sempre Givry che parla) avvi un banco isolato, che non ha più di 20 a 25 passi di estenzione, e sul quale il capitano White *pense qu' il ne reste pas moins de* 45 *pieds* (m. 15) *d' eau*. Questo banco s' innalza a picco in mezzo dei fondi di 25 a 27 passi, *et quoique elle ne soit pas touchable*, anche per i più grandi bastimenti, esso è tuttavía pericoloso, *car, en tout temps, elle occasionne de violents remous, et la mer déferle dessus quand il vente grand frais*.

548.* *L'haut-fond nommé le Pommier*, che ha sei gomene di lunghezza ed una di larghezza, sembra essere un ammasso di scogli di ghiaja e di sabbia; *il reste* 34 *pieds* (m. 11) *d' eau sur sa partie la plus élevée* ed intorno, a poca distanza dai suoi cigli (*accores*), vi si trovano 30 passi di acqua. *Le Pommier occasionne, en jusant, de très-grands remous, et la mer y déferle quand il vente grand frais*.

549.* A cinque miglia circa dalla parte orientale dell' isola *Aurigny* esiste *au milieu de fonds de* 22 *à* 24 *brasses* una testa di scoglio isolata sulla quale restano 43 piedi (metri 14) di

acqua, e che è stato chiamato *basse du Milieu*. Quantunque sopra questo scoglio siavi sempre acqua bastante perché verun bastimento corra il rischio di toccarvi, si deve nulladimeno tenersene lontano, *car les courants y forment de grands remous, dans lesquels la mer est mauvaise quand il vente: elle déferle même sur cette basse dans les gros temps.*

350. * Nello scoglio *Biéroc il y reste* 31 *pieds* $\frac{1}{2}$ (10m,23) *d'eau;* ma siccome esso s'innalza a picco sopra dei fondi di 18 a 24 passi, esso *occasionne de très-grands remous, et la mer y déferle dans les gros temps.*

351. * Il medesimo Givry ha in fine notato ancora che: Il banco *Maurice* s' innalza a picco su dei fondi di 27 a 30 passi, e sulla sommità del quale *il reste* 8 *brasses* (m. 13) *d'eau.* Quando *il vent grand frais du large les lames déferlent sur son sommet*: per poco che il vento abbia forza *la mer y est très-mauvaise.*

352.* E che nei *Frettes*, banchi situati *sur l'accore* dei fondi minori di 20 passi, attenenti all' isola di *Guernesey*, vi restano *de 12 à 14 brasses* (m. 20 a 23) *d' eau*; e *la mer y déferle dans les gros temps.*

353. * Rodriguez ha registrato: La naturale difesa della costa del Brasile trovasi essere un fondo variante posto da 6 a 30 miglia da terra chiamato dai naturali *Pracel* (*paracel*). Tanto sopra questo, quanto sopra l' altra zona di roccie che difende il lido denominata *Recife*, abbenché la profondità delle acque s' incontri per ogni dove abbastanza notevole da non interessare in niuna parte la navigazione, pure, questi rialti del fondo, *valgono a rompere efficacemente le ondate.*

354. * Il medesimo ha pure registrato:

« Il banco di Coroa Grande, dice il Wellesley, *frange costantemente*, e secondo quanto osservò Montravel frange sempre durante tutto il periodo della bassa marea. » Questa differenza a mio credere deve attribuirsi allo stato del movimento del mare quando i due navigatori osservarono il fenomeno. Il minor fondo trovato dal secondo in bassa marea varia da 12 a 27 piedi (m. 4 a 9).

355. * Lo stesso Rodriguez ha notato ancora:

* Il banco di *Manoel-Luiz* posto in *un tratto di mare*

raramente scosso ed agitato dalla violenza dei venti, pure frange per brevi momenti sul finire della bassa marea. Roussin vi trovò 15 piedi d'acqua (m. 5) *nel momento della bassa marea.*

556.* « Nel canale che divide l'isola di *Pico* da quella di *Fayal* si segnala la roccia *Chapman*, . . . sulla quale si trovano circa 21 piedi (m. 7) di acqua. Durante lo spirare dei venti freschi da S.O. vi si osserva *frangere* con gran violenza, ed il mare si spinge a considerevole altezza.

557.* « Al sud dell'isola *Terceira* ... nel basso fondo, ove giace la Roccia *Serreta, si trovano da circa 24 passi e mezzo* di 6 p. francesi (47m,74), *ed il mare colle forti brise vi si osserva frangere.* »

558. * Tofino afferma che nella punta *Mosteiros*, isola di *S. Miguel*, esiste un secco che si spinge un terzo di miglio al largo e sul quale a questa distanza si scandagliano 5 *passi e mezzo d'acqua* (m. 11) *e può vedersi frangere in tempi cattivi, da 3 miglia al largo.*

559. Charles-Philippe de Kerhallet avverte che nell'isola di Sabbia *sur la barre de* N.E., in un fondo di 18 a 24 metri *le brisants s'élevent pourvu qu' il y ait un peu de mer.*

560. * Lo stesso nota che sopra il *Loup de Sainte Marie* (Isola Martinicca) *le moindre fond qu' on y trouve est de 10 mètres*, tuttavía bisogna evitare di passare sopra questo basso fondo, giacché *la mer y est toujours très-grosse et qu'elle déferle même* qualche volta con i venti di E.N.E. e di N.E.

561. * Il medesimo ci avverte ancora che alla distanza di nove miglia dell'isola di Santa Croce (Antille) si trova la testa di un banco *de corail fort dangéreux*, sopra il quale *la mer brise avec fureur dans le mauvais temps*; i fondi sopra questo banco, chiamato *Récif de l' île de Buck, varient de 18 à 10 mètres.*

562.* Nel banco *des Escribanos* (Costa di *Portobelo*) coperto di 9 a 13 metri di acqua, allorquando il mare è grosso esso frange *et le signale.*

563. * All'ovest della *caye d'Arenas* (costa del Messico) vi è un banco *sur lequel on voit des fonds de 31 et de 32 mètres. Il est possible que, dans les mauvais temps, la mer brise sur ce plateau, qui se trouve dans des fonds de 48 metres.*

564. * E per ultimo lo stesso de Kerhallet ha scritto ancora che:

« Lunghesso quasi tutta la spiaggia occidentale dell'Africa esiste *une barre de brisants formidables* presso la riva, variabile nella distanza, ma cominciando in generale dalla profondità di 9m, 7 *a* 6m, 5 *suivant les localités.*

* « *Sur la côte du Maroc, c'est le plus souvent* 9 *ou* 10 *mètres* eccetera. »

* Secondo il citato navigatore ed idrografo « l'indicato fatto *tient sans doute* alla natura ed alla forma stessa del lido; questo non offre punto, come la maggior parte degli altri continenti, *des échancrures profondes, des baies ou golfes avancés dans les terres*; ovunque esso è *plat à ses approches, et regulière dans ses inflexions*, in guisa che verun ostacolo non impedisce al mare di giungervi *avec tout son intensité.* »

* Ma è d'avvertire, credo io, che questo fenomeno, al dire della stesso Kerhallet, *regne* su questo littorale, ossia è costante: quindi quella *barre* io chiamerei *cordone di frangenti stabili*, i quali però si mostrano in profondità ben maggiori in tempo di tempeste ordinarie, ed in quelle straordinarie in fondi di acqua sempre più grandi.

565. * Moulac ha notato che nel *Banc du Nord-Ouest* (Isola *Lundy*) formato *de beau sable*, e sopra il quale restano *de* 11 *à* 13 metri di acqua, *la mer brise avec force lorsqu'il vente grand frais* dalla parte di ovest.

566.* Il medesimo ha notato pure che *La basse* nominata *Yowan* (Canal di *Bristol*) *sur laquelle il reste* 8 *mètres d'eau, la mer brise violemment* quando *il vente frais* dalla parte di S.O.

567. * E. K. Calver avvisa che esiste, presso le isole *Shetland, un récif sur lequel il y a* 12m, 8 *de fond*: con forte vento di S.E. *la mer déferle dessus avec force.*

568.* Il medesimo avvisa ancora che nelle vicinanze dei *Outskerries tous les rochers sur lesquels il y a moins de* 18 *mètres d'eau brisent* ordinariamente *pendant les coups de vent* che soffiano abitualmente su queste coste.

569. * A un miglio circa di *Hillswich Ness un plateau de roches sur l'eau, sur lequel la sonde donne* 18 *mètres*; *la mer brise dessus pendant les coups de vent.*

570. * F. W. Thomas ci dice che nella baja *Rackwick* (*Orcades*) *la mer brise souvent sur les fonds de* 22 *mètres.*

571. * Ci dice pure che la punta *Tafts Ness* termina in banco di scogli che si estende un miglio all'Est *et sur lequel il y a* 18 *à* 22 *mètres d' eau.* Allorquando *le temps est mauvais la mer déferle avec fureur sur ce plateau.*

572. * Nel momento e dopo *un coup de vent d'Ouest la mer brise* qualche volta in tutto le *firth de Nord Ronaldsha sur les fond de* 14 *mètres et même sur ceux de* 22 *mètres.*

573. * Sopra il banco *Cuthe il y a* 18 *mètres de fond.* Si assicura che *pendant un mauvais temps, un bâtiment aurait coulé bas dans la mer tourmentée qui déferle sur ce danger.*

574. * Le Gras ci avverte che presso l' isola *Robben la mer brise avec une grande violence dessus un plateau de roche avec* 9 *à* 18 *mètres d'eau dessus,* allorquando i venti *soufflent frais* trà il S.O. ed il N. In questo luogo, avverte inoltre, *la mer brise sur les fonds de* 14 *et* 18 *mètres , où elle arrive brusquement de profondeurs de* 45 *à* 55 *mètres qui sont immediatement en dehors.*

575.* Che il banco de *Luaña,* costa nord di Spagna, *sur lequel la sonde a donné* 25 , 27 *et* 30 *mètre de sond à marée basse , lorsque la mer est grosse brise par intervalles* ; ed in altro luogo avverte che quando *la mer est grosse du N.O. ses brisant sont énormes.*

576.* Che a due miglia all'E.N.E. di detto banco, un altro chiamato *Torriente , et sur lequels la sonde a donné* 22 *et* 30 *mètres d'eau,* è forse più *dangéreux parce que ses brisants sont plus espacés* quando il mare è grosso.

577.* Che il *Canto,* banco presso la punta *de Dichoso,* sopra il quale *le plus petit fond est de* 30 *mètres , il brise* quando il mare è grosso da N.O.

578. * Che il banco di *San Pedro de Mer* nelle vicinanze di capo *Mayor* , ha $18^{m},6$ a 22 metri de *fond à mer basse. Il brise souvent* allorquando il mare è grosso dal N. e dall'O. Ed altrove si legge che con mare grosso *il brise continuellement et la levée est considérable dans ses environs.*

579. * Quello *Doble,* al Nord della di *Berria, sur lequel il y a de* $18^{m},6$ *à* 24 *mètres, brise lorsqu' il y a de la mer.*

580.* Che all'altro banco *Castro Verde,* cima di una montagna sottomare a otto miglia al N.$^{1}/_{4}$N.E. della punta *Robanal, il y a*

dessus de 46 à 57 mètres d'eau. Questo banco *brise rarement; cependant la lame est très-grosse dessus lorsqu' il fait mauvais temps*, ed essa potrebbe essere *dangéreuse* per un bastimento *qui recevrait un coup de mer.*

581. * Che il banco *Riy*, a nove miglia dal capo *Récif*, sopra il quale il piombino *donne de 11 à 18 et 25 mètres d'eau*, forma *de très-gros brisants.*

582. * E per finirla dirò in ultimo, sempre con lo stesso Le Gras, che, nella baja *Struys* (Costa sud dell'Affrica), *la mer brise souvent par* $12^{m},8$ *à* $14^{m},6$ *de fond.*

583. * Ora, da questi fatti io credo che si debba desumere che le onde dell' Oceano si frangono alla superficie del mare, quando urtano o inciampano in ostacoli posti anche 50 metri sotto di essa. In fondi di 20 a 30 metri sono poi molti gli esempi. E quanti ve ne saranno per profondità maggiori da me ignorati, e quanti pure non ancora registrati e pubblicati!

ARTICOLO QUARTO

IN QUALE PROFONDITÀ DI ACQUA NEL MEDITERRANEO SI MOSTRANO FRANTE LE ONDE ALLA SUPERFICIE DEL MARE

584. * Il Coronelli, parlando del banco che esiste tra le isole di Corsica e di Minorca, il quale nei punti più elevati si trova a 23 metri sotto la superficie del mare, avverte che:

* « È comune opinione, che le Galèe della Maestà Cristianissima, comandate dalla Ferriera, si sieno sopra di questo banco affogate, essendo così *frangibile*, che ogni colpo di mare mette à Vascelli d'alto bordo gran quantità d'arena dentro, perciò in tempi fortunali procurerete schivarlo quanto potete. »

585. Lieussou ha registrato che all' intorno dei golfi dell'Algería, *généralement bordés par de plages de sable . . ., la houle*, che si *propage d'abord du N. au S.*, quantunque diminuita di volume e di velocità per essersi *infléchie graduellement de manière à battre en côte les rives Est et Ouest*, pure *dès qu' elle atteint les profondeurs d'eau de 7 à 8 mètres, elle se change en brisants*; e nel Golfo di *Philippeville* e *Stora la houle drosse les navires à la côte*, fenomeno spiegato col mio

flutto-corrente alla superficie, e si trasforma in onde frante o cavalloni *à partir des fonds de* 10 *à* 12 *mètres* . . . . alla furia dei quali *il est impossible à un navire de résister.*

586. * Nel *Plan particulier du mouillage de Djidjéli, levé et dressé en* 1847, si vede che a levante di *Djidjéli* nei *coups de vents d' hiver*, da circa un miglio distante dalla spiaggia, *il mare si frange in* 20 *a* 22 *metri di profondità.*

587. * In questo Piano la linea di spezzaflutti è indicata *par un double trait.* Siffatta indicazione sarebbe utilissima cosa se venisse adottata in tutte le carte idrografiche a gran punto; io ne tenni proposito in Parigi coll'ammiraglio Mattieu, direttore del deposito di Carte e Piani, e col capitano di fregata Le Gras idrografo in capo, ed in Londra col capitano di vascello J. Washington, direttore anche esso di egual ufficio presso l'ammiragliato inglese, i quali convennero meco sulla utilità di detta indicazione.

* Questa buona disposizione di animo dei citati dotti marini io la pubblicava nel 1860, ed oggi ho il piacere di aggiungere che mentre scrivo, 1864, l'ammiragliato inglese pubblica delle *Istruzioni generali* intorno al levare le carte idrografiche, ove figura un articolo speciale sullo studio delle onde: articolo che non ho ancora letto in verun altra istruzione di questa specie.

588. * Il ripetuto Le Gras ha notato che il banco di Cortellazzo, dicontro il lido veneto, giacente in 20 a 22 metri sotto la superficie, *a la proprieté de briser la mer.*

589. * Acton dice: « La massima profondità, alla quale i marosi frangono sulle coste, è ordinariamente di 12 passi (m. 22). Nella memoranda tempesta sofferta dalla squadra inglese sulla costa della Siria dal 1 al 3 decembre del 1840 si videro i marosi frangere sulle coste alle profondità di 46 passi (m. 84).»

590. * Togliendo questo esempio, come eccezionale, ossia di straordinaria tempesta, si deve ritener per fermo che nel Mediterraneo, compreso l'Adriatico, le onde si frangono anche in 30 metri, giacché abbiamo esempi registrati e a me noti che ci portano in 20 a 23 metri di fondo. E non a caso ho detto anche nell'Adriatico, perché se non si crede giusto riportare a questo mare lo stesso grado di potenza del moto ondulatorio

sviluppato nel Mediterraneo più vasto e più profondo, preso isolatamente, sarà giusto appropriare all' Adriatico la potenza di questo fenomeno sviluppata nel mare della Manica, il quale anzi è al certo metà più stretto e metà meno profondo, mentre la forza e durata del vento possono dirsi identiche, come meglio dimostrerò in seguito.

591.* Vedremo poscia a qual profondità giunge l'azione delle onde in questi stessi mari mediterranei senza però frangersi alle superficie; ora torniamo all'Oceano.

ARTICOLO QUINTO

PROFONDITA' OVE GIUNGE L'AZIONE DELLE ONDE SENZA CHE ESSE SI MOSTRINO FRANTE ALLA SUPERFICIE DELL'OCEANO

592. * Prima di continuare il nostro viaggio sotto mare fermiamoci un momento sopra ad alcune considerazioni generali, e quindi riprenderemo il cammino notando fatti e riflettendo su di essi; in questo modo credo che avremo lena e confidenza di giungere fino ad oltre i dugento metri sott'acqua come ho detto in principio.

* Questa indagine ci condurrà ad esaminare, *dans l'intérêt de la science et de la navigation les lames de fond, c'est à dire la source*, come avverte Arago, *l'origine* di quei colpi di mare irregolari che denotano *le voisinage des roches sous-marines accores*, in altri termini *tout changement subit* nella profondità dell'acqua; ci renderà ragione *de ces jets qui*, in tempo di mare calmo, *de ces mouvements particuliers qui*, in tempo di nebbia, hanno qualche volta, *averti de l' approche des dangers et prévenu des naufrages*.

593. * Oltre ai risultati indicati dall' Arago, trarremo da questo studio la conferma della precipua causa che produce l'infrangimento nell' onde alla superficie del mare, di cui ho già raccolto gli effetti ne'due precedenti articoli: scopriremo come le onde possano zappare a notabili profondità e trasportare a gran distanza i materiali di cui è costituito il fondo, e troveremo la chiave per ispiegare tanti altri fenomeni, dei quali dovrò in seguito trattare. Né basta ancora.

594.* « *La théorie des marées*, avverte il de Tessan, *restera incomplète tant que le problème du passage d' une onde d'un fond sur un autre n'aura pas été résolu.* » Quindi questo medesimo studio, che ci mostrerà l'alterazione che soffre l'onda in detto passaggio, sarà utile anche per questa importante teoría.

595. * È frequente il vedere innalzar la schiena alle onde quando passano sopra un fondo sensibilmente ineguale per la reazione che ne risentono, tracciandone così l'andamento di esso. « Siccome, disse Leonardo, le calze che vestono le gambe dimostrano di fuori quello che dentro a se nascondono, così la superficiale parte dell'acqua dimostra la qualità del suo fondo.»

* È poi talmente palese agli uomini di mare l'ostacolo che lo scemare del fondo ed i banchi oppongono al libero sviluppamento della propagazione del moto ondulatorio, che la conseguente alterazione nella superficie si cita da noi per similitudine quando in alto mare s' incontrano le onde corte e vivaci. Ecco a questo proposito le parole di un marino che vale per molti.

596. * Duperrey ci dice : *Une forte houle du sud, semblable à celle que l'on remarque d'ordinaire sur les hauts-fonds, nous ballotta journellement. Les coups de tangage furent même si violents le 7 octobre, que la pensée nous vint d' essayer la sonde : cent trente brasses de lignes furent filées en vain.* Egli navigava fra l' isola della Trinità e quella di santa Caterina.

597. * « I navigatori più veritieri, nota Bremontier, narrano fatti che non lasciano alcun dubbio *sur l' action des vagues à de grands profondeurs.* Il de Bougainville (padre), a niuno secondo in siffatta classe, dice *positivement* : « *Nous courrions nos bords à tâtons au milieu d' une mer semée d' écueils, étant obligés de fermer les yeux sur tous les indices de dangers.* La notte dell' 11 al 12 settembre, *sept ou huit de ces poissons qu' on nomme Cornets, qui se tiennent toujours au fond de la mer, furent jetés sur le passavant. Il vint aussi sur le gaillard d'avant des sables et des goemons de fond, que le vagues y déposaient en le couvrant.* »

598. Frezier notò che presso le isole *Azores* vi sono *des hauts fonds* sopra i quali non si trova meno di 40 a 50 *brasses d'eau* (m. 65 a 81); tuttavía *en ces endroits la mer y était beaucoup plus mâle qu' ailleurs.*

599. * De Kerguelen ha scritto nel suo giornale come appresso:

* « Io non assicuro che in questo luogo avvi un banco pericoloso; *mais je suis persuadé qu'il y a un banc, à en juger par la quantité d'oiseaux . . . et par les coups de mer que nous avons reçûs.* Io feci scandagliare più volte nel corso del giorno e nell'entrare della notte *sans trouver fond.*

600. * Lo stesso navigatore traversando *le Dogre-Banc* e fatti de' scandagli in 14 a 28 passi (m. 23 a 46) notò, che in detto banco, i *coups de mer* sono tanto più *dangereux, que le fond est de gros gravier et petits cailloux.*

601. * De Fleurieu, in una delle sue importantissime note al viaggio del Marchand ci dice: *Les Goesmon, Goémon ou Gouesmon, plantes noueuses et longues*, le quali crescono in gran quantità in fondo del mare, sino ad una mezza lega di distanza dal lido . . . *la mer, pour le mouvement des ces vagues, arrache ces plantes et les rassemble sur les côtes.* Ed è noto che esse si trovano soltanto nei letti scogliosi, o fortieri; e però generalmente molto profondi, e non nei fondi sottili, cioè di sabbia o fango: *And which always distinguish it from Sand and Ooze* come giudiziosamente notò Cook. Questa parte di frase del gran navigatore inglese manca nella traduzione francese, come avverte lo stesso de Fleurieu.

602. * De la Pérouse ha registrato: « Io feci rotta verso la terra (al Sud di *Nootka*), e scandagliai di mezza ora in mezza ora; *nous passames de soixante-dix brasses* (metri 114), *fond de sable, à un fond de cailloux roulés de quarante brasses* (m. 65); *et nous retombâmes, après avoir fait une lieue, à soixante-quinze brasses* (m. 123), *sable vaseux.* Egli era evidente che noi avevamo passato sopra un banco; *et il n'est peut-être pas bien aisé d' expliquer comment une montagne de cailloux roulés de cent cinquante pieds d'élévation, et d'une lieue d' étendue, se trouve sur un plateau de sable, à huit lieues au large: on sait que ces cailloux ne prennent une forme ronde que par l'effet des frottemens; et cet amoncèlement suppose, au fond de la mer, un courant comme celui d' une rivière.* » Ed io invece direi che l'ammassamento e la disposizione di quel banco e la forma rotonda dei materiali che lo compongono, si debbano a

quell' istesso lavorío delle onde tanto chiaramente descritto dal Leonardo, dal Tadini, dal de Beaumont, dal d'Orbigny e da altri come vedremo a suo luogo.

603. * Péron parla del *Fucus gigantinus* e dice che questi *végétaux pélagiens*, da lui misurati, non avevano meno di 81 a 87 metri di lunghezza, e che *ces bancs des fucus sont arrachés quelquefois du fond des mers par l'éffet de la tempête.*

604. * Il Freycinet ha notato che l'apertura principale della rada del porto del Re Giorgio (Terre *de Nuyts*) non è meno larga di quattro miglia, e tuttavía, essa è difesa dalla *houle du large* per mezzo delle isole *Michaelmas et Break-sea, et par la brusque élévation du fond*, il quale, passando *tout-à-coup* da 25 a 16 passi (m. 41 a 26), *tend sans cesse à diminuer l' agitation des flots.*

605.* Il citato Freycinet ha registrato ancora che presso all' isola *Owhyhi*, anche quando uno si trova fuori della *portée des brisans, il s' élève parfois des lames sourdes assez fortes, dont il serait dangéreux de recevoir l'atteinte.*

606.* Ed altrove il medesimo: Noi provammo *plusieurs forts coups de tangage; la mer cependant n'était pas grosse : aussi en conclûmes-nous qu' il existe das ses parages un haut-fond.*

607. Il Bravais, dalle esperienze da lui fatte al Nord, ha trovato, che l'agitazione delle onde si comunica a 30 e 40 metri.

608. Keller asserisce che *les animalcules qui construissent les récifs madréporiques* non possono stabilirsi a minor profondità di 40 a 50 metri, altrimenti *la mer y dêtruit ou bouleverse leurs travaux par l'impulsion des lames.*

609. Beautemps-Beaupré ammira *quelle mer affreuse peut s'élever en une heure de temps sur les plateux de roche où l'on trouve un grand brassiage.*

610. * Civry ci avvisa che :

« *Le passage d' Ortach* è traversato da uno scaglione, *dont la partie la plus élevée, sur laquelle il reste de* 18 *à* 19 *brasses* (metri 29 a 31) *d'eau*, si estende in linea retta dalla parte orientale del gruppo dei *Casquets* sino a *l' Ortach. Cette éspèce de barre, s' élevant* da sette a tredici passi *sur les fonds environnants, occasionne, en flot comme en jusant, des remous qui rendent la mer très-mauvaise lorsqu' il vente*

grand frais. In tutta la durata della corrente del flusso la parte più agitata delle acque è, in tutta la larghezza del passaggio, *à 3 ou 4 encablures au Nord du sommet de la barre*, ed in tempo della corrente di riflusso *c'est au Sud et à peu près à la même distance de la barre qu'on trouve la plus mauvaise mer.* »

* La profondità dell'acqua, è di 45 piedi (m. 15) alla sommità del banco *du Milieu*, e di 80 piedi (m. 26) alle sue estremità; si trovano da 35 a 36 passi d'acqua *près de son accore occidentale*, e da 25 a 30 passi presso il suo ciglio orientale. *Ce banc occasionne de grands remous dans lesquels la mer est fort agitée et où elle est très-mauvaise quand le vent souffle avec force.*

611. * Compton ha scritto: « *On trouva que la partie N.E. du banc* (della Fortuna) *était par* 7° 11′ *S.: dès qu'on eut perdu le fond, la mer reprit sa couleur et la lame revint comme en plein mer.* » Sopra il banco *la mer* era *très-belle.* Il minor fondo nel banco è di m. 20, ma generalmente di 26, 36, 46 e 51 metri.

612. * C. F. De Kerhallet ha notato che il banco che contorna la parte S. dell'isola *de la Grande-Abaco*, e sopra il quale il fondo varia da 11, 18, 20 a 31 metri, si riconosce *par le changement de couleur de la mer, qui passe du bleu foncé à un beau vert, et par une houle de fond qui existe sur le banc* principalmente con i venti dalla parte del S.E.

613. * Moulac avverte che:

Il banco nominato *Pool - Bank* sopra il quale *il ne reste pas moins de* 31 *à* 33 *mètres d'eau*, . . . non è mai pericoloso, *si ce n'est, par gros temps*, per palischermi.

614. * De Bougainville, figlio, ha notato: « *La houle énorme* che noi provavamo a più di cento leghe da questa terra (occidentale della Nuovaolanda) *et sur une mer sans fond*, bastava per far giudicare *de celle qui nous attendait par un petit brassiage.* » Cioè quando questa onda non avesse più trovato libero svolgimento nel verso verticale.

* Il medesimo ebbe a registrare inoltre che: *Il faut avoir éprouvé l' effet des lames courtes et saccadées de la mer de Chine pour concevoir combien elles sont insupportables.*

* È così sovente mosso ed in contrasto il mare della Cina che il suo moto ondulatorio non può servire di avviso

nell' avvicinarsi di un uragano. Al qual proposito Horsburgh osservò che: « *Deux houles courant dans des directions perpendiculaires ne peuvent en aucune manière faire soupçonner l'approche d' un ty-foong , vu que sur les côtes de Chine la mer est souvent très-tourmentée, même par un beau temps.*»

* Ed egli è noto che questo mare non è molto profondo, come deve esser noto ancora che in tutti i mari di poca profondità, come a cagion di esempio quello della Manica, quello Adriatico e simili, il moto delle onde è ugualmente incomodo e dannoso. Dunque ordinariamente le onde giungono a percuotere quei fondi che pur non sono poi tanto scarsi. Nella Manica gli scandagli danno all'incirca 40, 50 e 80 metri, e l'Adriatico deve considerarsi più del doppio vasto e profondo per qualunque verso (590). Ma di ciò più specialmente a suo tempo.

615. Emy deduce da alcuni fatti , che i flutti del fondo agiscono nell'Oceano con grande potenza anche in 80 passi di acqua (m. 130).

616. * Horsburgh ci racconta :

« Il 16 maggio 1801, il vento era violento dalla parte di O.N.O., e noi filavamo dieci ad undici nodi all'E.; quando alle dieci della sera *nous trouvâmes tout d' un coup que la mer était tombée; on supposa qu'on était sur la sonde, et l'on trouva effectivement* 82 *brasses* (m. 150) *d'eau, fond de coquilles et sable gris.* » Dunque a questa profondità le onde trovavano notabile ostacolo nella progressione del loro cammino: e siamo a cento cinquanta metri. Andiamo innanzi che scenderemo ancora.

617.* Il medesimo Horsburgh in altra circostanza ebbe a notare : *De temps en temps, une lame sourde creuse et déferlant annonçait un fond très inégal.*

618. Siau colle sue osservazioni fatte nell'isola di Borbone si è convinto, che l'azione delle onde nella baja di S. Paolo a 188 metri sott' acqua si fa sentire in modo da formare delle zone ondulate sopra un fondo *de sable et de gravier basaltiques.* Anche a profondità *bien supérieure* egli ha ottenuto *des resultats analogues* : ma non li cita perché non gli ha potuti ripetere con la stessa esattezza usata nelle altre.

619. * Queste osservazioni del Siau sono ammesse da E. de Beaumont, e sono registrate in senso favorevole dal d'Archiac.

Ma de Tessan spiegherebbe il fatto di quelle zone ondulate (*rides*) con la semplice esistenza della calda corrente *qui longe ces côtes*, e crederebbe che *la realité* della propagazione del movimento ondulatorio *à toute profondeur* dimostrata col calcolo dal Poisson, fosse *établie sur des preuves plus décisives.*

* Io rispetto il giudizio del de Tessan, ma il fatto del Siau, non essendo unico per provarci che a quella profondità le onde lavorano, lo ammetto ed agli altri lo unisco.

620. De la Coudraye asserisce, che la reazione risentita dall'onda sul banco di Terranuova è sensibile ai bastimenti che lo avvicinano: questo banco si trova da 80 a 160 metri sotto la superficie del mare, *cependant*, sono parole di lui, *les ondes n'y trouvent déjà plus le fond nécéssaire à leur entier déploiement.* La stessa asserzione, aggiunge Bremontier, si fa da tutti coloro che esercitano *la pêche de la morue sur ce banc.* Le onde in quelle profondità non avendo più sufficiente altezza di acqua all'intero sviluppamento loro, lo speciale aspetto che per tale causa esse ivi prendono avverte il navigante della prossimità del banco. Sopra il banco sono in modo notabile meno grosse che al margine od orlo di esso ed in alto mare, e si cita in argomento con verità, quantunque in aria di derisione, che i bastimenti ivi alla pesca domandano a quelli che arrivano: *Che tempo fa di fuori?* cioè quale è lo stato del mare al di là del banco.

621. * Al de la Coudraye ed al Bremontier citati, intorno ai fenomeni delle onde nel banco di Terranuova, oggi posso aggiungere tre altre autorità pratiche; la prima delle quali nota il fatto in genere; e le due susseguenti, per la natura delle spedizioni a cui presiedevano, lo trattano in specie, avendo diretto particolare studio sugli effetti dell'onde in detto banco. Anzi credo pregio dell'opera riprodurre i fatti e le deduzioni pubblicate da tali navigatori molto prima de' sopra citati autori.

* L'argomento è troppo importante per sé stesso perché meriti il maggior svolgimento possibile, ed io mi credo in dovere di rendere giustizia a quelli che primi ne ragionarono, quantunque dominati da una teorica, in allora anche più in vigore di oggi; teorica, come ho avvertito, oggi ancora da molti preclari seguita, la quale era ed è in opposizione ai fatti ed ai

ragionamenti dai primi resi di pubblica ragione: in ciò fare darò pure nuovo appoggio alla dottrina da me abbracciata e difesa.

622. * « *Aux environs du banc*, di Terranuova, dice de Ulloa, *la mer est toujours mâle; mais dès qu'on trouve fond elle est tranquille*, a meno che non sopraggiunga *quelque tourmente*, mentre in allora non manca di essere agitato, *mais cela ne dure qu'autant que le gros temps.* »

623. * De Chabert nella relazione del suo viaggio all'America settentrionale così ha scritto:

« Bellissimo era il tempo nel giorno in cui arrivammo sopra il Gran banco, *aussi ne ressentîmes-nous pas la mer grosse et clapoteuse qu'on trouve ordinairement à ses accores, pour peu de vent qu'il fasse, et qui y est monstrueuse dans le gros temps*, almeno secondo l'opinione della maggior parte degli ufficiali, i quali hanno pure comunemente provato che sopra il banco medesimo esso è raramente agitato e quasi sempre placido.

624. * « Quantunque non si pretenda di basare un sistema sopra il linguaggio di marinari pescatori, più consci degli effetti che delle cause, nulladimeno si può convenire che le idee da essi volgarmente adottate non sono senza principî: essi dicono, allorché vi è molto vento, *qu'il doit faire bien mauvais temps dehors*, giacché eglino riguardano il banco siccome un porto; oppure, *qu'ils ne sont plus chez eux*, cioè che essi sono al di fuori del banco, allorquando sentono il mare grosso. Effettivamente questo è un indizio che raramente inganna, sia che si esca dal banco, sia che si entri in esso.

625. * « Partendo dunque dall'esperienza più generale, non potremo noi spiegare per qual causa il mare è sì frequentemente agitato sopra i cigli dei banchi, e tanto tranquillo al contrario sopra i banchi stessi, considerandone le irte sponde di questi come dei muri che lo ripercuotono di un movimento quasi eguale e direttamente opposto a quello dell'onda? *Il faut admettre pour cela le mouvement des eaux de la mer à une grande profondeur, puisque le fond ordinaire sur le grand banc et sur les autres qui en sont voisins est de* 40 *brasses, ou de* 25 *à* 30 *tout au moins* (m. 78, ovvero m. 49 a 58): *je n'ignore pas que cette opinion semble d'abord contradictoire à celle de l'inaction des eaux intérieures de la mer à une pareille profondeur, établie par quelques Physiciens; mais les*

circonstances particulières dont il s'agit ici (circostanze, dico io, i cui effetti non sono particolari a questo banco soltanto, ma si bene comuni ad ogni altro come abbiamo veduto e come meglio vedremo in seguito), *n'autoriseraient - elles pas une exception, même dans leurs principes, qui n'embrassent que des cas généraux et supposent le lit de la mer parfaitement libre?*

626. * « Si pretende inoltre *que sur ces accores*, il corso delle acque porta sempre a *débanquer* il bastimento; *ce serait une nouelle preuve que la mer du large n'y pénètre pas aisémens.* » (Cioè vi penetra il flutto, ma mozzato e ridotto fluttocorrente, e però trasporta i bastimenti, loro malgrado, fuori del banco).

627. * De Fleurieu ha dettato un apposito articolo sul medesimo argomento, e sviluppandolo più del de Chabert s'inoltra maggiormente verso la verità a scapito sempre più della teoría del moto ondulatorio del mare in allora ed anche ora in vigore; eccone i termini:

« *Observations physiques sur le mouvement des eaux de la mer, à une grande profondeur.*

* « Tutti li navigatori che frequentano *le grand Banc* di *Terre-neuve*, hanno notato che i flutti sono quasi sempre agitati ed i venti impetuosi, *à l' approche des Accores*; di modo che, sopra il banco stesso *on ressent très-peu d'agitation*, e che il vento sembra non potervi penetrare. Si può spiegare perché il mare non mai vi si fa sentire, e sembra sovente bollicargli all' intorno: imperciocché non si può dubitare che *les Accores* del banco non siano molto erte e tagliate a picco; si è veduto che, due ore avanti d'avere avuto sessanta braccia (m. 97) e due ore dopo di averne avute trenta cinque (m. 57), io non ho più trovato fondo con una sagola di dugento braccia: ora, queste sponde scoscese, queste muraglie, oppongono una barriera al movimento delle acque, e le respingono in una direzione contraria a quella che il vento gli aveva impressa: le correnti stesse, che sono molto variabili sopra il banco, e di cui il più gran numero porta a *débanquer*, oppongono una resistenza alle onde che vengono dal largo: *le choc mutuel des eaux, dans des directions opposées, produit sur le contour du banc, cette agitation, ce clapotis* che d' ordinario si trova nell' avvicinare le sponde del banco. Spiegando in tal guisa perché il mare è sì

raramente agitato sopra tutta l'estenzione del *grand banc, il faut supposer, dit M.r de Chabert* (ma questi usa la voce *admettre* (626) e non *supposer*) *que . . .* »

628. * E qui il de Fleurieu trascrive il tratto del de Chabert da me di sopra riprodotto nel testo originale (625) e poi continua :

* « *La remarque qui a été fait sur le grand banc de Terre-neuve, n'est pas la seule qu'on puisse opposer à l'hypothèse de l'inaction des eaux inférieures.* Si conoscono nel Mediterraneo le *Sèches des Querquenis*, che sono piccolissime isole circondate da un basso fondo di dieci leghe d'estenzione, situate circa a trenta leghe al Sud $^1/_4$ Sud Est del capo *Bon*. *La mer* ed il vento non vi penetrano giammai, qualunque sia la loro violenza nel canale di Malta e nei dintorni. Queste isole , molto basse e coperte di palmizî, che sembrano elevarsi dal seno del mare , sono senza dubbio le eminenze del banco di arena che le circonda. Io detti fondo sopra le *Sèches des Querquenis* nel 1760 , con il vascello *le Fier* comandato dal signor cavaliere de Fabry, capitano dei vascelli del Re, maggiore delle armate navali. Eravamo sopraccaricati da una furia di vento da nord-ovest: il mare era molto elevato e molto vivace: cercammo in primo luogo il ridosso dell' isola della Pantellería ; ma la poca estensione di questa terra ci lasciò in breve allo scoperto: approdammo alle *Querquenis* che sono distanti dalla Pantellería di venticinque leghe circa al Sud $^1/_4$ Sud Ovest; ivi gittammo l'àncora fuori della vista delle isole, sopra un fondo di arena, in 22 passi (m. 36): *nous crumes être dans un port: la mer y était calme*, ed il vento vi si faceva appena sentire : ivi fu fatta una pesca bastantemente copiosa.

629.* « Questi due esempi, che senza dubbio non sono soli, saranno sufficienti forse *pour prouver qu' on ne peut admettre comme un principe général, l'immobilité et l' inaction des eaux de la mer à une grande profondeur* : perché , se la sola superficie fosse agitata, il suo movimento si propagherebbe al di sopra dei fondi di venti, trenta, quaranta, cinquanta passi (m. 33, 49, 65, 81) e più ancora, i quali, visto il loro abbassamento, non potrebbero opporre un ostacolo al movimento delle acque superiori. *Mais si une grande masse d'eau, un masse profonde*

est en effét soumise à l' impulsion du vent ; cette masse rencontrant les Accores d'un banc, les heurte avec impétuosité, en est repoussée avec une égale violence, e trasporta al largo, con essa, le acque superiori che sottomette alla sua direzione.

630. * « Delle altre osservazioni concorrono ancora a far ammettere il movimento delle acque sino *à une très-grande profondeur*. Non si sa forse che i bastimenti, lontani da qualunque terra, ricevono qualche volta dei colpi di mare *qui couvrent leurs ponts de sable, de graviers et de cailloux d'un assez gros volume* ? Quale forza non è necessaria alle acque inferiori ? *A quelle violent agitatione ne doivent-elles pas être abandonnées, pour arracher ainsi du fond de la mer, des matières beaucoup plus pesantes que l' eau, et les élever jusqu' à la surface* ?

631. * « E a quale altra causa, che a uno sconvolgimento inferiore, si possono ancora attribuire quegli spostamenti bruschi, quelli cambiamenti subitanei nella qualità e nella quantità dei fondi del mare? Invano, per spiegarli, si vorrebbe ricorrere agli effetti delle correnti ; queste non agiscono che per mezzo di un processo lento : i cambiamenti che esse operano non possono essere sensibili che dopo un gran lasso di tempo : bisogna ancora ammettere che una controcorrente non porti via le nuove arene, che le prime avevano portate e accumulate. Ma queste correnti stesse, alle quali si vorrebbero attribuire i cambiamenti repentini che sopravvengono nei fondi, non sono esse una nuova prova che le acque inferiori sono sottoposte all' azione del vento che disordina la superficie dei mari, *puisque les variations de ces courans dependent presque toujours de celles des vents auxquels la plupart, sans doute, doivent leur origine* ?

632. * « Conveniamone : la fisica generale del Globo è molto incerta : il genio crea delle ipotesi, forma dei sistemi ; ma un solo fatto inesplicabile, o contradittorio al principio, basta per crollare, per rovesciare l'edifizio. »

633. * Airy, accennando agli effetti delle onde sull' orlo del banco di Terranuova, si fa a notare che : « il movimento orizzontale delle particelle d'acqua vicino al fondo, prodotto in acqua sopra i banchi (*shallow water*) da lunghe onde, è provato essere sensibile dallo smovimento delle pietre e sabbia sul fondo,

e che lo spezzamento (*the breaking*) sopra il ciglio di un banco è stabilito essere come quello che accade sull' orlo del banco di Terranuova, quando le onde in generale sono alte, quantunque la profondità nelle acque basse sia più di 500 piedi (m. 152), quella delle acque alte essendo molto più grande. Noi possiamo ricordare, sull'autorità delle migliori carte, che un simile spezzamento è osservato lungo l' orlo della *ghirlanda dei terreni avventizî*, cioè dove l' acqua repentinamente diventa più profonda di 600 piedi (*that is, where the water suddenly becomes deeper than* 600 *feet*, m. 184) la quale contorna a qualche distanza le isole Britanniche. » Come meglio, aggiungo io, potrà farsene un giusto concetto esaminando la *General chart of the North Atlantic, or Western Ocean* pubblicata in Londra nel 1859.

634. * Anche de Tessan, con il valore della sua autorità viene in mio soccorso per confermare in genere questi fatti, spiegare la ragione ed indicare in specie gli effetti di essi.

* Dopo di aver egli premesso e dimostrato che *la profondeur de l'eau exerce une influence manifeste sur la largeur et la hauteur des ondes*, ci dice:

* « Cotesto eccesso di altezza che sviluppano le onde all'incontro di un ciglio di banco sottomare, aggiunto alla diminuzione della lunghezza di esse, *rend la mer plus mauvaise aux accores du banc qu'au large et que sur le banc.*

* « Si può, fino a un certo punto, rendersi ragione di questi effetti, ponendo mente che, allorquando un'onda si propaga senza sensibilmente difformarsi, *la somme des demi-forces vives reste à très-peu près constante pendant toute la durée du mouvement.* Ma, siccome nei cigli del banco la massa d'acqua *qui reçoit cette demi-force vive vient à diminuer subitement* in seguito della diminuzione della profondità, la velocità deve crescere, e, per conseguenza, l' acqua deve innalzarsi più in alto e discender più basso; *c'est-à-dire que l'onde doit prendre un excès de hauteur*; e questo eccesso di altezza deve a sua volta produrre, *en se réduisant, un mouvement de trasport horizontal.* » Cioè, aggiungo io, quel moto di trasporto che porta a *débanquer* (626 e 627), ossia il mio fluttocorrente di cui parlerò in seguito.

635. * Se dal frequentato banco di Terranuova passiamo

a quello, anche ben noto, dell' *Agullas* troveremo confermati gli stessi effetti, prodotti dalla medesima causa, siccome si troverebbero confermati in ogni altro banco se si studiasse.

Nella prima edizione avevo io registrato che: D' Urville di fatto proprio racconta che *les accores du banc des Aiguilles* (presso il capo di Buonasperanza) sono *signalées par de paquets de fucacées* (Laminaria pyrifera) *et par un changement visible dans la couleur et dans le mouvement des eaux. La mer* non è *plus d'un bleu clair et limpide: elle verdisse à vue d'oeil et semble comme chargée d'un sable ténu* (e di rena e fango è generalmente composto il banco); *elle ne procède plus par longues lames, mais par un ressac brusque et prompt.*

636. P. Monnier conferma il fatto della speciale azione ivi esercitata dai marosi, e nota che i bastimenti sono esposti a dei colpi di mare di forme particolari *en passant par* 120 *brasses* (m. 195) *sur les accores* del suddetto banco.

637. * Oggi aggiungerò: che questo banco, come ha notato de Bougainville, figlio, si compone di *vase à l'Ouest, et de sable mêlé de coquilles et de pierres dans l'Est et dans le Sud*:

638. * Che Vancouver sul ciglio di esso, e per un tratto di circa 9 miglia, provò *une agitation extraordinaire dans les flots, qu'on ne peut comparer qu'à une grand chaudière remplie d'eau bouillante. Le vent soufflait grand frais de l'O.S.O.*:

639. * Che *pendant les tempêtes*, dice Horsburgh, *que l'on éprouve sur le banc des Aiguilles et dans l'E., on a, en général, une très-grosse mer et un ciel couvert de nuages noirs*:

640. * E che Bourgois, trattando del *passage du cap de Bonne-Espérance*, cita Horsburgh, il quale avverte che al ciglio del banco dell'*Agullas* un *bâtiment aura à souffrir d'une mer très-dure*, e consiglia ai naviganti di tenersi fuori *de l'accore extérieur du banc pour éviter la grosse mer* di esso. Anche tra terra e banco *la mer est moins grosse.*

* Al qual proposito il Bourgois aggiunge la seguente importantissima osservazione: « Allorquando il continuato vento di ovest fa interamente cessare la nota corrente costante di quel paraggio (275), se le onde sono ancora estremamente grosse, *cela ne peut tenir du moins qu'à la diminution de profondeur de la mer.*» Il che costituisce una ulteriore e concludente prova che la base

delle onde inciampa con molta forza in quel banco, cioè a circa *dugento metri* sotto la superficie del mare.

641. E Frappolli porta a questa profondità di 200 metri il limite ultimo dell'agitazione delle onde.

642. Ma dai fatti sopra citati risulta ampiamente dimostrato che questo limite deve essere oltrepassato, perché ivi la massa ondosa opera ancora contro il ripetuto banco un urto capace da rendersi sensibile alla superficie, cioè a 200 metri di distanza verticale. Quindi io credo che in mare vasto e profondo il maroso deve avere ancora rilevante potenza a 200 metri sotto la superficie del mare e tanto maggiore, quanto il fondo o l' ostacolo incontrato è di natura più resistente e di forma poco inclinata ; e credo che esso maroso abbia pure azione positiva sul fondo quando anche non abbia bastante forza da renderci avvertiti del suo lavoro con un moto particolare alla superficie, o con il coloramento dell'acque a noi visibile.

ARTICOLO SESTO

PROFONDITA' OVE GIUNGE L'AZIONE NOTABILE DELLE ONDE SENZA CHE ESSE SI FRANGANO ALLA SUPERFICIE DEL MEDITERRANEO

643. * In Bosio si legge che: « Nel 1543 il Gran Bagliuo fra Giorgio Schilingh entrato con Mare grosso, e con venti freschi à segno di Maestro e Tramontana, nel Secco di Beit, à due braccia d'acqua (m. 3); che dinotavano, trouarsi lontano venti miglia dall'opposta terra delle Gerbe; che per essere Isola bassa, da quella distanza non si scopriva; e terminando la vista in tutta la rotondità dell' orizonte senza scorgersi, né vedersi altro, che cielo e acqua, con marauiglia grande di chiunque prima stato non v'era; quiui diede fondo, con tanta bonaccia, e perpetua tranquillità, come s' in sicurissimo Porto stati fossero. Percioche la furia del mare, e l'impeto dell'onde, quantunque fortunevoli; si và rompendo, e mitigando nel grandissimo spatio de' bassi fondi di quelle seccagne ; in modo tale, che giungendo elle al termine delle dette due braccia di fondo, non hanno quasi più forza, nè moto alcuno. »

644. * Non è necessario d'inoltrarsi tanto nei banchi, né

che essi abbiano sì poca profondità per trovare il mare bonaccioso. È solo necessario, per godere di questo beneficio, che il banco presenti rilievo alle onde del largo, ed abbia notabile estensione.

645. * Il fatto raccontato dal de Fleurieu ci manifesta che il banco delle isole *des Querqueris*, o *Kerkennis* o *Kerkeni*, secondo l'ortografia dei moderni portolani francesi, e Cherchene, secondo l'ortografia italiana, oppone potente argine ai marosi anche alla profondità di 36 metri ove, mentre fuori del banco essi infuriavano, egli, il Fleurieu, era all'àncora tranquillo come se fosse stato in porto (628).

* I portolani confermano il fenomeno registrato dal Fleurieu e consigliano cavarne profitto. In de Flotte-D' Argençon, per esempio, leggo: Che qualunque tempo faccia, *la mer n'est jamais grosse, ni sur le plateau, ni sur les bancs* che circondano le dette isole: venendo dal largo si scorge di essere *sur le plateau à la tranquillité qui succède aux coups de mer*; e si vede di essere sopra il banco *au changement de couleur de l'eau*. Risulta da questa disposizione, egli conclude, *qu'on peut mouiller partout sur un bon fond* di grossa rena e di erbe, *même hors de vue de toute terre*. Dunque è certo che *quelque soit le temps qui règne au large*, dirò con L. S. Baudin, *la mer fût-elle très grosse et le vent violent*, si è sicuri, avvicinandosi alle ripetute isole di trovare un ricovero, *au moins contre la mer*.

646. Marieni avverte che « il banco fuori di Cortellazzo, di contro al lido veneto, 20 a 22 metri sotto acqua, rende le ondate *più corte e più frequenti*, e perciò di gran travaglio ai navigli.»

* In una più recente opera, dettata dal Le Gras con quella costante chiarezza ed ordine che tanto distingue questo scrittore, è registrato che il mare, in questo banco, anche frange (588).

647. Nelle acque tra Minorca e Corsica esiste un banco di arena conosciuto da noi sotto il nome di Caccia (*de la Case* dai francesi) il quale nei punti più elevati si trova a 23 metri sotto la superficie del mare. La sua posizione è soggetta a qualche cambiamento; ed in tempo di mare grosso viene riconosciuta dalla diversa forma e colore dei flutti a confronto dell'agitazione circostante. Da Lemoyne si sono raccolti de' testimoniali, i quali provano che alcuni bastimenti, e tra questi

un vascello di 120 cannoni, passando sopra il detto banco, han ricevuto a bordo dei colpi di mare molto pregni di arena (*chargées de sable*). * Abbiamo veduto che da oltre un secolo e mezzo il Coronelli aveva avvertito la medesima azione zappante delle onde in questo banco, ed il medesimo effetto di lanciare le arene sopra *i vascelli di alto bordo* (584).

648. Dall'Aimé ci vien dimostrato, con le sperienze espressamente da lui fatte nella rada di Algeri, che in un fondo di 18 metri, dopo che le onde avevano avuto un' altezza di 2 a 3 metri *on a reconnu des traces de la plus violente agitation.* A 28, dopo onde di due metri d'altezza, *l'on trouva des effets à peu-près semblables aux précédents.* A 40 metri ed a circa un chilometro dalla riva, dopo onde di 3 m. risultò *qu'il y avait eu un petit mouvement*: l'arena smossa, *était en grains d'une tenuité extrême.* Conclude in fine che questo limite di 40 m. *est probablement depassé dans les tempêtes*, ed egli stesso dice altrove, che *après un coup de vent . . . j'ai eu occasion de remarquer, et plusieurs autres personnes avant moi, que l'épaisseur de la couche d'eau supérieure mise en mouvement* poteva *varier de dix à quatre-vingts brasses.* »

649. Spallanzani dimostra che le lave scoriacee nell' isola di Stromboli, a 124 piedi (40^{m}, 28) sotto acqua, sono per gli urti delle onde tempestose *sfracellate e ridotte in arena.*

Né ciò solo: a cotesta profondità ed anche maggiore, la corrente creata, a parer mio, sul fondo dai flutti stessi, deve trasportar lungi le materie così triturate, perché l' incessante scarico del vulcano per tanti secoli avrebbe altrimenti formato un banco di sedimento; ma (aggiungerò coll'autorità più recente di W. H. Smyth) contuttociò contrario è il caso (*the contrary, however, is the case*): il fondo del mare non si riempie.

Non debbo però passar sotto silenzio che il citato Smyth aggiunge ancora che i *Sages of Stromboli* spiegano il fatto con ritenere che un abisso alla base dell' isola continuamente assorbe le emissioni, e riempie il vulcano (*that a gulf at the base of the island, continually absorbs the ejections, and replenishes the volcano*). Questa è l' opinione degli abitanti di Stromboli; ma Spallanzani per altro la confuta con fatti e ragionamenti per me convincentissimi.

650. Lo stesso Spallanzani ha inoltre registrato che nelle isole Eolie gli abitanti di Stromboli usano per la pesca nasse che calano al fondo del mare con entro alcuni sassi; perché il mare in burrasca non molesti le nasse, gli è forza che sieno sott'acqua per lo meno 140 piedi (45^{m},47); *altramente le infrange contro gli scogli subaquei e le disperde.*

651. * Come osservazione generale noterò infine che dagli studî e dall'esperienza il Germain si è convinto che anche nei flutti di piccola altezza, ma di gran lunghezza, l'agitazione si può estendere a grandi profondità, *et par conseguent agir sur des fonds placés à un niveau trés-bas.* Si sono vedute delle onde *qui n'avaient que 5 centimètres de hauteur* per 30 metri di amplitudine. *Avec des longueurs pareilles*, egli conclude, *une vitesse de quelques mètres indiquerait nécéssairement une profondeur d'agitation très-considérable.*

652. * Dai sopra raccolti fatti io deduco che a cinquanta metri di profondità i marosi del Mediterraneo conservano ancora bastante potenza da smuovere le arene, anche grosse, e vedremo all'articolo *Ghirlande di terreni avventizi* che essa potenza deve ritenersi ancora attiva a profondità ben maggiori.

653. * Eccoci finalmente giunti al termine del nostro viaggio subaqueo. Io dissi in principio di esso, che alla profondità di dugento metri, o ivi presso, avremmo trovato scolpito dei belli nomi (528); e chi ha avuto il coraggio e la pazienza di seguirmi li ha già letti.

* Più o meno bene impressi infatto si leggono, nelle indicate diverse grandi profondità dell'Oceano e del Mediterraneo, i nomi di Ulloa, Chabert, Fleurieu, Coudraye, Horburgh, Bremontier, Poisson, Monnier, Emy, Airy, Siau, Reibell, Aimé, Beaumont, Archiac, Minard, Frappolli, Bougainville, Tessan e Bourgois. Frammisti a questi nomi esteri si leggono altri nomi, alcuni dei quali dal tempo un po' corrosi, ed essi sono: Leonardo, Colombo, Castelli, Zendrini, Mari, Spallanzani; Bidoni, Paoli, Meneghini, Sponsilli, Ponzi e Guglielmotti. Avrei desiderato leggere colà anche il nome di Brighenti, come quegli che difende in ogni altro fenomeno del moto ondoso la dottrina da me abbracciata e sviluppata; ma egli si è di recente, 1861, pronunciato per gli *otto metri*, oltre i quali le agitazioni del mare, secondo lui, non bastano a

sconvolgere il fondo *ancorché sabbioso* (146); preferendo così, in questa parte, di restare a galla, cioè attaccato ai montanaristi, che fino ad ora dettano legge.

654. * Ma a tal dettame si oppone non l'opinione, né il parere: si oppongono i fatti. E questi fatti raccolti in lunghe serie e pubblicati nel 1856, aumentati ancora nel 60 non sono stati smentiti. Nella presente edizione li ho riprodotti con altre giunte, perché intendo che dai fatti si veda finalmente da tutti come la rena nelle tempeste ordinarie è sconvolta in profondità almeno di trenta a quaranta metri nella Manica e nell'Adriatico, di quaranta a cinquanta nel Mediterraneo e di centocinquanta a dugento nell'aperto Oceano. Che se qualche nube tuttavía restasse, io prego chicchesia a seguirmi ancora nei seguenti articoli di questo capo, e prometto mostrargliela completamente dissipata.

ARTICOLO SETTIMO

POTENZA DEL MOTO ONDOSO NELL'OCEANO

655. * Nell'articolo decimosecondo del capo antecedente, parlando degli effetti del vento contro le rive nei casi non ordinari, ebbi a registrare anche degli effetti della potenza delle onde in quei casi. Ora mi occuperò più specialmente della potenza di esse contro le rive e contro i manufatti nei casi ordinari.

656. Quando i massi sono movibili, non è roccia solida, nota il Pilla, che resista all'attrito de' flutti marini. Il moto che il mobile riceve è, dice LEONARDO, *quando veloce, quando tardo, e quando si volta a destra, e quando a sinistra, ora in su, ora in giù rivoltandosi, e girando in se medesimo, ora per un verso, ora per un altro obbedendo a tutti i suoi motori, e nelle battaglie fatte da tali motori sempre ne va per preda del vincitore.*

657. Lamblardie, padre, ci apprende a qual grado di tenuità l'azione dei flutti e l'attrito de'ciottoli fra essi e contro le rive, riduce la loro primitiva grossezza: e d'Orbigny nota che « chiunque ha potuto udire il rumore che fanno i ciottoli di silice, allorquando sono smossi da una forte ondata, si renderà conto del sollecito consumo di essi, malgrado della durezza loro. »

658. * Ecco come il Keller spiega la causa di questo fenomeno. « La diminuzione progressiva della profondità *raccourcissant les lames, tandis que leur surélevation, au-dessus du niveau d'équilibre* ed il loro abbassamento al disotto di questo livello conservano la *même quadrature, le raccourcissement de leur base* obbliga ad un proporzionale aumento *tant de la hauteur du sommet que de l'abaissement du creux de chaque onde.*

* « In questa guisa il movimento verticale dei flutti acquista una crescente intensità, tanto *pour remuer le fond, faire entrer en suspension les parties ameublies* . . . . quanto *pour diviser les masses moins résistantes, soit par le frottement, soit par le choc de celles plus résistantes.* » E dal contesto di quel che segue nella scrittura di lui, si può desumere che il Keller ammette nei flutti, anche non franti, la potenza di operare tutti questi lavori, siccome io dal canto mio non dubito punto, giacché egli non manca di attribuire ai frangenti la parte che a questi spetta.

659. Siffatti materiali prendono poi parte a formare quei cordoni littorali con *un profit qui*, come osserva Elìa de Beaumont, *frappe généralement les yeux par ses formes géomètriques.* Ma di ciò a suo luogo.

660. Dentrecasteaux ha notato nella baja della Speranza, che l'acqua del mare scaturiva alla sommità delle più alte isole; *et l'on en trouve*, egli aggiunge, *à une grande élévation, dans les crevasses des rochers.* E Riche trovò de' cristalli di sale marino a più di 50 metri di altezza sopra il livello ordinario dell' acqua fra la cavità degli scogli sporgenti in mare.

661. Smeaton riferisce che al fanale di *Edyston* il flutto si slancia con immensa massa di acqua per ben 25 metri al disopra del fanale, ossia a 50 metri sopra la superficie del mare.

Emy ha calcolato che questa massa è di 2 a 3 mila metri cubi, e di 2 a 3 milioni di chilogrammi.

662. Lo stesso Emy riporta, essere stato descritto *il soffio del diavolo* nella crepatura di uno degli scogli delle grotte di *Kynann* come una colonna di acqua che s' inalza a grande altezza, facendo sentire sotto terra un rumore simile allo scoppio della folgore.

663. * *Pendant les coups de vent du large* dell'anno 1836,

ci dice Bonnin, si videro per la prima volta i flutti, lanciati contro il parapetto Nord della muraglia nella diga di *Cherbourg*, *s'élever à plus de* 30 *et* 40 *mètres de hauteur*. Questo slancio dei flutti si è in seguito più volte osservato, e la loro elevazione, *en nappe verticale*, è giunta anche a quarantacinque metri.

664.* « Persone degne di fede, hanno narrato al Parlatore, che tale è l'impeto dei flutti nelle tempeste (del mar glaciale), che gli spruzzi loro giungono talvolta sino alla guglia della chiesa di Ammerfesto, alta circa settantacinque braccia (43^{m},77), e lontana altrettanto e forse più dalla riva del mare. Negli anni decorsi gli abitatori di Ammerfesto avevano edificato un forte muro di pietra per difendere le navi nel porto dai flutti tempestosi; ma tre sole ondate di una tempesta bastarono ad atterrarlo interamente. »

665. Anche senza vento, o con vento contrario, un grosso o discreto mare è capace di produrre simili fenomeni. La Somerville ci fa sapere che « il fanale di *Bell Rock* nell'Oceano germanico, quantunque abbia un'altezza di 112 piedi (34^{m}, 13), è letteralmente sepolto tra la spuma e gli sbruffi sino alla cima, durante le grandi onde senza vento (*during great-swell when there is no wind*). »

E Bremontier ha registrato che con tempo sereno ed un leggero vento da terra, delle onde provenienti da fuori di otto a dieci decimetri al più di cavo, s'innalzavano, in un angolo formato da uno scoglio e da una porzione di diga, a più di dodici o tredici metri sopra il loro livello.

666. * De Roquefeuil ha notato che, in una delle isole *Marquises*, *le choc perpétuel de la mer* vi ha minato una profonda caverna nella quale *la lame s'engouffrant avec une force prodigieuse*, vi produce una *détonnation* simile a quella *d'une forte bouche à feu*, nel mentre che una parte dell'acqua *s'echappant par un soupiral*, che l'istessi flutti hanno pure aperto nella volta, si slanciano ad una considerabile altezza, ove si disperdano *en brume*. Questo doppio fenomeno ha fatto dare al luogo il nome *de la Baleine*.

667. Boullanger, nell'isola *Bernier*, in *un plateau formé par de lits de roches horizonteaux que la lame* cuopre e scuopre

alternativamente, ha notato che: *plusieures crevasses offrent de distance en distance un spectacle bizarre: quand la lame approche, il sort par chacune d' elles un jet intermittent qui cesse quand elle se retire.*

668. Lyell riferisce che nelle isole di *Shetland* per la forza meccanica de' flutti quasi tutti i promontori si terminano in gruppi di scogli aventi forma di colonne, di pinnacoli e di obelischi.

* E. Calver ha pubblicata una descrizione più estesa sugli effetti distruttivi esercitati dai flutti nelle dette isole. F. W. L. Thomas ha notato effetti simili nelle Orcadi.

669. Il citato Lyell racconta ancora che all'entrata occidentale della Manica, il banco di ciottoli conosciuto col nome di *Hurst-Castle*, il quale ha 70 metri circa di larghezza sopra 4 di altezza, nella tempesta di novembre 1842 venne spostato *in massa*; si avanzò di 40 metri nella direzione di Nord-Est, e, si noti, detto banco presentava verso Ovest *un piano inclinato.*

670. Malte-Brun dice, che lo scoglio *la moglie di Lot* è percosso con gran furore dai marosi all'altezza di 120 metri.

671. Frissard, che fra la *Rochelle* e *Rochefort* un bastimento è stato lanciato in un prato; ed alle sabbie di *Olonne* due fregate sono state trasportate al disopra di un banco, che chiudeva l'entrata del porto, di maniera che è stato necessario alleggerirle per farle uscire.

672. * Whidbey: *dans le Havre de Gray*, notò che un banco di rena scoperto, il quale in prima *sera* era presso il luogo ove egli gittò l'àncora, *n'éxistait plus au moment de l'appareillage; il avait été entièrement balayé par la violence de la mer, qui brisa sans cesse sur les recifs et sur la barre.*

673. * Monnier fa osservare che « presso l' isola *Ramville* s' inalza, a tre o quattro piedi sopra il livello del mare, un banco *de sable madréporique* di forma circolare. Questo banco deve senza dubbio la sua origine, egli aggiunge, *aux frottemens* ripetuti *des blocs de roches madréporiques* staccati dal fondo e riuniti *par les efforts de la mer* nel luogo che esso occupa. I bassi fondi che lo circondano dalla parte dell'Est lo proteggono presentemente contro la violenza dei flutti; tuttavía si trova ancora la vicina spiaggia *parsemée de grosses masses de corail*

que la houle apporte du large quando i venti soffiano con più forza *qu' à l'ordinaire.* »

674. Smyt Hamilton, essendo nel 1807 in *Caraçau* in tempo di uragano, vide dei grossi blocchi sollevati da una profondità di 10 metri; e lanciati sul banco che unisce *Punta-Brava* al continente.

675. * Zurcher e Margollé hanno notato che « sulle rive dell' isole *de Maurice et de la Réunion*, si trovano degli enormi blocchi *de pierres madréporiques, que le vagues ont arrachées des récifs sous-marins* . . . Quello che si trova *dans la savane de Beauchamp*, a un mezzo miglio *des roches de corail* da cui è stato staccato, misura quaranta piedi di lunghezza, venti di larghezza, e quindici di altezza. » Dodici mila piedi cubici di pietra irregolare! Fatto che, tutto ben considerato, può solo essere accaduto in una straordinaria tempesta; quindi, tanto questo quanto quello del precedente numero 674, meglio sarebbe comprenderli tra quelli dell'articolo decimosecondo dell'antecedente capitolo.

676. T. Stevenson, che sull' isola *Barrahead*, una delle Ebridi, si è osservato nella tempesta del 1836 che un blocco di pietra della misura di 504 piedi cubi, equivalente al peso di 42 tonnellate (42673 chilogrammi) è stato portato gradatamente a 5 piedi (1^m, 52) dalla posizione che occupava; e avrebbe continuato più oltre, se un pezzo staccato dallo stesso blocco non si fosse interposto fra esso e la roccia, sulla quale il blocco riposava. La Somerville riporta lo stesso fatto.

677. Il più volte citato Minard ha registrato che nel forte di *Boyard* un masso di 15 metri cubi *a été déplacé à deux mètres environ dans le Sud-Est.*

678. Emy ha veduto, che i flutti più grossi che urtano alla cateratta del sostegno alla *Rochelle* hanno tutto al più 2 a 3 metri cubi; ebbene questi piccoli flutti avevano la forza di sollevare all'altezza di sei decimetri un masso di muramento del peso di oltre 28,000 chilogrammi.

679. De Quatrefages ha veduto all' isola di *Bréhat*, alla punta del *Paon*, un blocco di granito *de plusieurs centaines de milliers de kilogrammes*, che, staccato da qualche tempesta, è caduto dall'alto della riva e riposa come un ponte di un sol pezzo

sulle due sponde di un baratro (*gouffre*). « Allorquando un maroso giunge dal largo, i flutti racchiusi di più in più fra queste mura di roccia, accelerano il loro scorrimento, si gonfiano passando sotto il ponte, ed in questo sforzo, *dont rien ne saurait calculer la puissance*, *ils soulèvent l'énorme masse*. Franto il maroso, il ponte ricade *sur ses inébranlables culées pour se soulever et retomber de nouveau.* » Fatto e testimonio solenne.

680. Lyell nota che a *Bell Rock* un' àncora di chilogrammi 1117,64 fu lanciata sopra lo scoglio.

681. James Vetch registra, che un bastimento del peso di 200 tonnellate venne trasportato da un' onda (*born by a wave*) alla sommità della diga di *Plymouth*.

682. Nei primi giorni del mese di luglio 1853 io visitava la detta diga di *Plymouth*, assistito e favorito oltremodo dalla non comune gentilezza del sig. Stuart sopraintendente generale di quella grande opera idraulica, nella quale, quantunque non completamente terminata, si erano impiegate 3830881 tonnellate di scogli. Tra le altre cose intorno agli effetti de' flutti, vidi una grande massa di scogli lungo l' interno della diga, e venni assicurato che nella notte del 25 al 26 dicembre 1852 circa ottomila tonnellate di scogli furono dai marosi presi dalla parte esterna della diga e scavalcati nella parte interna ; fra' quali erano di quelli di 10 a 16 tonnellate ognuno. Un perno di ferro di 6 pollici di lato in quadro conficcato ad arte nel piano superiore della diga, e non più fuori del piano stesso di 7 pollici, venne spezzato dall' urto de' detti scogli. Questo esempio della diga di *Plymouth* non è il solo. La storia delle opere idrauliche ce ne somministra a dovizia, e nella diga stessa di *Plymouth* ed in quella di *Cherbourg*, ed in tutti i porti. Quando un simile lanciar di scogli ha luogo contro le coste, fa parte, secondo l'espressione usata dal Playfair, della *possente artiglieria, colla quale l'Oceano batte in rovina la terra ferma.*

683. * Sulla fine di maggio, ed in gran parte del mese di giugno 1858, io visitai anche la diga di *Cherbourg*, favorito da più lungo tempo e da maggior comodo di quello che aveva potuto disporre in *Plymouth*, ed ivi stesso esaminai, col massimo impegno, quanto d' importante si era eseguito e reso di pubblica ragione intorno a questa celebre opera idraulica; la più istruttiva

per le sue vicende di quante altre io mi conosca. Per la questione di cui tratto in oggi, registrerò qui soltanto i più recenti fatti, appoggiandomi all'autorità del Bonnin compilatore del terzo periodo, dirò così, della storia di quel vasto lavoro e continuatore di esso. Quindi narrerò con lui, che il 25 dicembre 1836 per una tempesta dal Nord Nord-Est, più di dugento *blocs* naturali di difesa passarono al disopra della porzione del muro, *à plus de* 6 *mètres de hauteur au-dessus de la crête des enrochements*, e furono gittati *sur la risberme Sud*. Tra essi ve ne aveva di quelli che pesavano *plus de* 3000 *kilogrammes*.

684.* In un altra tempesta, nel 1842, *plus d'un millier des blocs du Nord* passarono sopra la muraglia e furono gittati *sur la risberme Sud*. Traversando la zona del muro, *ces blocs avaient arraché* cento cinquanta *pierres de taille et affouillé plus de* 420 *mètres cubes des béton*.

685. * *Un bloc artificiel d'essai*, costruito sopra *la deuxième assise* nel braccio dell'Ovest della diga, era stato *jeté* dal mare sopra la *risberme Sud* in una tempesta di N.O. Il blocco cubato era di 13^m, 26 ; e *le peu de résistance*, che aveva opposto *à son cheminement*, a più di dieci metri di distanza dalla sua *position initiale*, mostrò che le dimensioni erano insufficienti, *et engagea à donner aux blocs un volume individuel de* 20 *mètres cubes*.

686. * Ma lo stesso Bonnin osserva che per resistere *aux poussées de l'eau*, bisognerebbe impiegare dei massi *bien supérieurs* a 20 metri cubi se essi dovessero essere *exposés isolément à l'action des vagues*. La protezione mutua dei massi *les uns par les autres*, e la piccola porzione in superficie contro la quale ciascuno di essi riceve l'urto *lorsq'ils sont juxtaposés sur les risbermes et les talus*, ha fatto pensare che il cubo di 20 metri sarebbe sufficiente.

* Tuttavia *dans un coup du vent de N.O.*, del mese di ottobre 1848, uno di questi massi *immergé sur la zone Nord-Ouest de la risberme du musoir Ouest, appuyé, ou à peu près, par une de ses petites faces contre la rangée extérieure des blocs construits sur place*, ed esposto con le altre sue tre faccie laterali all'urto dei flutti, *a été enlevé da sa position* e portato dal mare a più di dieci metri di distanza, *jusqu'au pied de*

l'escarpe du fort. Esso è restato sopra gli altri massi artificiali a due metri di altezza *au-dessus de son lit de pose primitif*, ed è stato voltato *sens dessus dessous.*

687. « Un dato che sarebbe utilissimo a conoscere, dice Malezieux, ed io dico necessario, allorquando si progetta un opera in mare, è il massimo della pressione che i marosi dovranno esercitare nei più grandi fortunali contro ogni metro quadrato. Questa pressione dipende, secondo lui, da due elementi; dall'altezza delle onde, da cui risulta la loro pressione statica, e dalla loro velocità d'impulsione. » Ma il Walker avvertiva a questo proposito che « la forza esercitata contro un ostacolo solido da un volume di acqua in moto, non è proporzionale alla semplice velocità dell' acqua, ma al *quadrato* della medesima velocità (467) » : ed io sono per questa conclusione. « *Il serai bien difficile*, conclude il Malezieux, *de déterminer les hauteurs des vagues et les vitesses correspondantes, et plus difficile encore d' en déduire par le calcul quel est le maximum d' effet produit.* » Certo non è facile, né comodo; ma la buona volontà e la pazienza possono vincere le accennate difficoltà.

688. * Per gli effetti dell' indicata pressione è di somma importanza avere inoltre a calcolo la grande differenza che passa tra i moli costruiti o a *pietre perdute*, o a muro quasi verticale, secondo i Commissari inglesi (72), o a muro curvilineo dal fondo del mare, secondo la curva dell'Emy o del Bucchia. In fine egli è poi certo che la sola esperienza del sito può risolvere la questione. A tale effetto io qui registrerò i risultamenti ottenuti dall' esperienze sulla ripetuta pressione in alcuni punti dell' Oceano, riservando al seguente articolo quelli del Mediterraneo.

689. Fuques-Duparc e Virla in *Cherbourg* l' han trovata di 3900 chilogrammi per metro quadrato ; ma, come avverte il Bonnin, *on a reconnu depuis, que cette appréciation était beaucoup au dessous de la vérité.*

690. Più recenti esperienze fatte da T. Stevenson in *Bell Rock* hanno dato una pressione massima 16932 chilogr. per metro quadrato, e nell' isola di *Skerryvore* si è ottenuto una pressione minima di 3055 chil., media di 10430 e massima di 30414; il che ha fatto dire a Frissard : *ainsi la pression d'une vague*

peut dépasser trente tonnes. Sul merito di queste sperienze occorrono alcune considerazioni, che esporrò alla fine del prossimo articolo.

ARTICOLO OTTAVO

POTENZA DELLE ONDE NEL MEDITERRANEO

691. Il Tadini notò che « il mare agitando coll'onda i sassi angolosi e ruspi che in esso cascano, gli scantona, li rotonda e li pulisce.

692. * « Ed a riconoscere, osserva il Paleocapa, quanto sia grande l' azione di detto alternato sbattimento delle onde sulle materie sparse lungo la spiaggia, basterà considerare il fatto seguente.

* « Prima che i Veneziani intorno alla metà del secolo XVIII intraprendessero l'opera dei murazzi che ebbero poi tanta rinomanza, essi difendevano e difesero per secoli il lido che separa le lagune dal mare, mediante più ordini di palificate longitudinali ed altri tratti di palificate traversali che venivano insieme a costruire quasi una serie di cassoni l'uno accanto o dietro dell' altro; i quali cassoni erano poi riempiuti di più o meno grossi sassi tratti dalle cave di pietra calcare dell' Istria, o da quelle di trachite dei colli Euganei.

* « Ma queste imperfette difese a cui andaronsi mano mano sostituendo i murazzi, e delle quali si vedevano resti mantenuti fino a questi ultimi tempi, erano sempre conquassate e distrutte nelle grosse tempeste, le quali svellendo i pali e votando i cassoni, ne sparpagliavano i sassi sulla costa subaquea; onde conveniva ricominciare l' opera ricostruendo le palafitte e ricaricandole di nuovi sassi. Intanto i primi dispersi sassi, sbattuti gli uni contro gli altri dall' impeto delle onde, e travolti su e giù per la spiaggia con quell' alternato movimento che abbiamo detto, finirono per ispuntarsi, per frangersi, rotondarsi e levigarsi di tal maniera, che si sarebbero presi per ciottoli gittati sulla spiaggia dallo sbocco di qualche torrente, se le condizioni idrografiche della maremma veneta, la natura stessa dei sassi e la positiva notizia dell'origine

loro, non ci additassero la vera cagione per la quale ne fu tutta cospersa la spiaggia sabbiosa. »

693. Reibell registra che a *Cette* dei massi di marmo duro, *que plusieurs boeufs ont peine à trainer* . . . . sono ben tosto ridotti, *par le roulis des flots, en galets de la grosseur du poing.*

694. Le onde, nota il Rivera, sempre piccole che possono sollevarsi nel lago di Fucino, sono atte allo stritolamento della roccia in ciottoli di diversa grandezza.

695.* Questi materiali, uniti a quelli, qualunque essi sieno, già preparati e convogliati dai fiumi nel mare, non meno che gli altri che il mare produce o che costituiscono il suo fondo; zappati e lavorati dai flutti ed alla riva gli uni contro gli altri sospinti, formano alla fine quei cordoni littorali e quelle protrazioni di lido, che si verificano molte volte indipendentemente ancora dagli stessi scarichi di fiumi, perché questi non sono pertutto. Ma di ciò parlerò a suo luogo.

696. * Pilla ha osservato nell' isola di Ponza delle caverne scavate dalla percossa de' flutti, alcune delle quali comunicano fra loro con aperture tortuose e le onde vi si cacciano dentro con impeto e, comprimendo e rincalzando l'aria intromessa, producono un rumore che assorda; tantoché in ogni ondata pare di vedere un assalto diretto ad abbattere l' isola.

697. * Puillon de Boblaye et Teodoro Virlet, hanno notato che: *Il éxiste de semblables cavernes à l'entré du Porto-Quaillo près du cap Matapan; elles ont une grande profondeur ot on peut y pénétrer en bateau. Elles nous ont paru le résultat de l' action mécanique du flot sur des marbres très-fracturés.*

698. * Il Guglielmotti nel giornale dei suoi viaggi ha notato un fenomeno simile a quello dei num. 662 e 667: e ciò sulle coste della Siria alla distanza di circa un chilometro da Beirut verso ponente. « Il mare sempre spumante e fiero in quei rivaggi, anche in tempo non forzato, si caccia sotto una platèa di rocce spianata al lido e alquanto sporgente sull' acqua. Per ogni ondata, che viene dal largo, sorge da un forame di mezzo alla platèa una colonna di acqua, alta due o tre metri, del diametro di sei a otto centimetri. Al rifluir dell'onda, la colonna ricade dilagando le rocce. Il fenomeno si riproduce a intervalli di

otto e dieci secondi; come a dì 15 novembre 1863 si succedevano le onde. Quel giorno non era né furia di vento, né tempesta di mare. »

699. Malte-Brun ci dice: Noi abbiamo veduto *opérer la mer Baltique*; noi abbiamo veduto l'isola di *Hyeen*, celebre dimora di Tycone-Braché, *diminuée par la violence des flots*.

700. Spallanzani, parlando dell'isola di Stromboli, ci racconta: « Il mare attorno a quest'isola infuria sovente, e il fatto che ora prendo a descrivere mostrerà quanto alto si sollevino le adirate onde sue. Un miglio da terra sorge al nord-est un nudo amplissimo scoglio, denominato la Pietra di Stromboli, con punte aguzze su la cima, tutto d'un pezzo, e alla base dove tocca l'onda, ha il giro di un quarto di miglio, e la maggiore sua altezza è di piedi 300 (m. 97). Questo è un gran masso di lava, che una volta probabilmente era continuato con l'isola, e che ne è stato diviso dagli urti del mare. Osservano pertanto gli Strombolesi che quando le burrasche sono straordinarie, giungono i marosi alla metà dell'altezza dello scoglio, ed alcuni di loro mi accertano di aver veduto per due fiate a' loro giorni sormontato l'apice dello scoglio dall'onde tempestose.

701. Acton asserisce, che nella citata tempesta sofferta dalla squadra inglese sulle coste della Siria (589), il brigantino la Zebra fu gettato sull'arena, e vi rimase in alto ed asciutto.

702. * Guglielmotti dimostra come una delle triremi di Marcantonio Colonna, al capo del Molino, tre miglia lungi da Ragusa, col vento fortunale di scirocco, appena allentato un provese, strappò l'àncora, e impetuosamente dette in terra, prendendo così lungo tratto che ciascuno poté sbarcare in secco.

703. Minard e Frissard registrano che nel porto di Algeri de' massi di metri cubi 10,20, situati sul piano del gran molo a 4 metri sopra il livello del mare, sono stati trasportati dal flutto a otto metri dalla prima posizione. Un altro masso di 40 metri cubi fabbricato sopra lo scoglio *Al-Gifua*, ma riposante sopra altri massi di 10 metri cubi e metri 2,50 sotto il pelo del mare, è stato tolto dal posto e voltato sossopra.

704. Bernard accenna, Minard particolarizza, e Frissard

conferma, che nel detto porto di Algeri dopo la tempesta del gennajo 1841, in una parte del nuovo molo (composto con massi di smalto di 10 metri cubi ognuno) si è riconosciuto *un tassement assez considérable*; e che gli ultimi 28 metri *du couronnement* del molo medesimo (formati con massi di eguale volume e materia), nella tempesta del novembre 1843, *ont presque disparu*. Tornata la calma, qualche pezzo soltanto si mostrava fuori di acqua, mentre prima della tempesta *le sommet était à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.*

705. Poirel invero sentenzia, che in Algeri *l' expérience a démontré* che i medesimi massi di 10 metri cubi *sont immobiles*, e che nelle opere *éxecutés* da lui in quel porto con questi massi, *les vagues ne peuvent opérer aucun déplacement*; ma dai fatti e dalle autorità qui sopra citate devo dedurre che costui, facile a commettere errori, come ho dimostrato nei miei *studî sul porto di Livorno*, qualifichi per risultato di esperienza ciò che è sua opinione soltanto.

706. * In Livorno de'massi di 15 metri cubi, fabbricati sullo scoglio che forma la punta Cavalleggeri nello scopo di difendere dai flutti il nuovo cantiere, sono stati sensibilmente rimossi dal posto dalla prima libecciata, abbenché la forza del mare fosse inferiore a quella che non di rado vedesi agire in quel lido, e i detti massi si trovassero colla loro base circa un metro al di sopra del pelo ordinario del mare. Io stesso ho verificato il fatto.

707. * Paleocapa registra che i sassi di trachite che hanno un notevole peso, che varia dai 10 ai 70 chilogrammi, sono dagli impetuosi venti sciroccali spinti contro il fianco sottovento di uno sperone detto della Lova, che protegge la foce del porto di Chioggia dal lato del forte san Felice; e dopo essersi qui accumulati fino a raggiungere la sommità dello sperone medesimo, successivamente per l'azione di altri gagliardi venti di scirocco e di levante, sorpassano quella sommità, e vanno a depositarsi dall'opposto lato sopravvento dello sperone della Lova presso la sua radice.

708. * Tra gli effetti della potenza delle onde nei mari mediterranei, possiamo considerare gli effetti che le onde medesime producono nel mar della Manica; il quale, quantunque

sia nell'Oceano, nondimeno non può non essere considerato come mediterraneo, essendo tra brevi limiti racchiuso da ogni parte dalle coste dell' Inghilterra e della Francia, e da due scaglioni ciechi alle bocche. Quindi le onde della Manica entrano nella categoría di quelle del Mediterraneo. Anzi i riscontri che abbiamo ce le mostrano minori: e fin dal tempo dei Romani, come si legge nei Commentari, Cesare aveva conosciuto che le onde nella Manica erano meno grandi di quelle del Mediterraneo: « *Minus magnos ibi fluctus fieri cognoverat.* » Dopo queste premesse credo che non si debbano escludere i fatti studiati nella Manica dalla categoría di quelli del Mediterraneo, e tanto meno escludere questi che qui appresso aggiungo.

709. * D. Stevenson, nelle sue *costruzioni dell' America del Nord*, descrive i porti del lago *Erie* e dice che gli rammentavano quelli sulle coste marittime inglesi, ed asserisce di aver veduto una pietra del peso di oltre a mezza tonnellata che era stata strappata dal suo letto, nel molo di Buffalo, trasportata di alquanti passi e rovesciata.

710. * Tommaso Stevenson ha veduto nel porto *Sochanan* in *Loch Awe*, ove la lunghezza del mare è minore di 14 miglia, una pietra del peso di un quarto di tonnellata strappata dalla fabbrica dello sbarcatorio e capovolta.

711.* All'imboccatura di un porto nell'Oceano germanico, ove il mare ha la larghezza di circa 600 miglia, ci racconta il citato Tommaso Stevenson, che nel novembre 1817 i flutti abbatterono una colonna, allora terminata, di pietra viva, di 36 piedi di altezza e 17 di base; il diametro nel sito della rottura era di circa 11 piedi (3^{m},35).

712. * A questi fatti, dice il medesimo, può aggiungersi quello, narrato da un testimonio oculare, di un masso del peso di 50 tonnellate mosso dal mare a *Barrahead*, una delle Ebridi, e l'altro anche più straordinario, de'massi di 6 tonnellate stati scavati o spezzati nel loro letto naturale alla cima del *Bound Skerry* di *Whalsea* nel *Zetland*, che è elevato per 70 piedi sul livello delle alte maree massime.

713. * Nel porto di *Peterhead*, che sporge molto nel mare sopra un istmo, il 10 gennajo 1849, aggiunge lo stesso T. Stevenson, che con un mare molto grosso, una folla di gente, *circa due*

ore prima delle acque alte era occupata ad assicurare i balenieri ed altri legni nel porto, allorché tre ondate successive portarono via 315 piedi (metri 97) di un bastione rimasto intatto per molti anni, fondato in piedi $9^1/_2$ sul livello delle massime acque. Un pezzo di questo muro, del peso di 13 tonnellate, fu trasportato per 50 piedi (15^m,24).

714. * È noto che il porto di Malta ha per traversía e per vento dominante il grecale, e che giuocano colà le grecalate, come giuocano le libecciate nel Tirreno. I marini vecchi, gli uomini pratici e i libri ne raccontano gli effetti. Valgano per tutti i seguenti due: il primo tolgo a Bartolomeo del Pozzo, il secondo mi è favorito dal Guglielmotti.

715. * « Occorse a due gennaro di questo anno 1634, leggo nel primo, fortuna di grecali così furibonda e terribile, che il mare s' innalzò sopra i castelli di s. Ermo e di s. Angelo . . . di sorte che cessata la burrasca, il giorno appresso si ritrovavano i pisci morti trabalzati dal mare sopra il bastione dell' Infermeria. »

716. * Si legge nel giornale del secondo:

* « Il castello Santangelo sorge alla punta della penisola dove è fabbricato il Borgo, o città Vittoriosa. Al piè della scarpa del Castello, di fronte al mare, è murata una Piazza bassa, quasi al livello dell'acqua: ridotto spazioso, batteria grossa, recinto e parapetto sodo, di gran sezione, a pietra di taglio, come sono tutte le fortificazioni dell' isola. Lo sperone, il muro, le artiglierie sono là minacciose e fiere contro i nemici; ma altrettanto umili e sommesse al mare. Quando si scatena la rabbia tempestosa di greco, allora la Piazza dabbasso è distrutta, portata via, rasata. Nel 1851 fu percossa e concia per modo che più anni appresso rimase abbandonata; e con proposito di non rimetterla in piedi, perché non si sarebbe potuta tenere a dispetto del mare. Queste cose confermava un ufficiale superiore degli ingegneri inglesi, maggior Whitworth Porter nella sua storia delle fortificazioni di Malta, stampata colà nel 1858; il quale a p. 160, parlando di questa Piazza e batteria diceva così: « Essa è stata più volte distrutta dalla violenza del mare. Si è ora deciso . . . . di non ricostruirla: essendo stata ridotta in tritume durante la grecalata del 1851. »

(*It has been several times destroyed by the violence of the sea. It has now been decided . . . not repair : having been shatterd, during the gregalè of* 1851). Nondimeno nel 1864 io l' ho veduta ricostruita : ed ho inteso quei pratici pronosticare che la distruzione futura sarà simile alla passata. »

717. Auniet ha registrato, che in Civitavecchia de'massi di 18 metri cubi vennero dall'azione del mare trasportati dall'antemurale alla bocca di Sud-Est.

718. In detto antemurale gli scogli ridotti a ciottoloni del peso di 1000 a 2000 libbre, vengono dalle onde presi da un metro a due di profondità di acqua, gittati a 3 o 4 metri sopra il livello ordinario del mare, ed assestati fra i grossi massi della gettata o scogliera *quasi che*, esse onde, *abbiano le mani*, come in altra circostanza si esprimeva lo Scamozzi (114).

719. I marosi scavalcano con volume enorme di acqua l'altezza massima dello stesso antemurale, la quale è $8^{m},45$ sopra il detto livello del mare. In una libecciata quattro scogli di 3 a 4 metri cubi ognuno, situati sul piano dell'antemurale all'altezza di 5 metri dal pelo del mare, e distanti 10 metri dal mare esterno, vennero trasportati per 12 metri e gittati nella parte interna del ripetuto antemurale. Sul medesimo antemurale nel mese di marzo 1860 uno scoglio di circa due metri cubi e stato svelto dalla gettata esterna sotto la lanterna e trascinato sulla banchina nella direzione di Grecale per circa 20 m.

720. Alla cava degli scogli, due miglia circa a levante da Civitavecchia, nel 1851 uno scoglio di metri cubi 42, situato sul caricatojo distante 10 metri dal mare e metro 1,50 sopra il livello ordinario di esso, giacente sopra nizza o invasatura, ed incuneato; venne dai flutti privato de' cunei, della nizza e rimosso dal suo posto. Nel 15 novembre 1854 un altro scoglio di 44 metri cubi, incuneato sopra il detto caricatojo è stato smontato e fatto cadere.

721. E passando ai dati numerici che abbiamo sulla potenza delle onde nel Mediterraneo dirò, che Minard dai massi del molo di Algeri ha dedotto che l' azione del flutto è superiore a 3500 chilogrammi per metro quadrato. Ma è da notare che J. Washington, parlando di simili esperienze fatte dallo Stevenson (690), dice : « È necessario aver bene

in mente che l' autore parla di percosse prodotte dalle onde di traslazione, cioè dai flutti che si sono franti sulla costa, e non dalle onde profonde del largo, le quali probabilmente non hanno verun movimento progressivo, e non producono alcun urto. » È certo che la percossa di flutto spezzato è molto più potente dell'urto di onda intera.

722. Simile essenziale avvertenza del Washington non trovo emessa sulle esperienze fatte dai francesi; ma riflettendo al posto che occupavano i massi, da cui si sono dedotti i risultati, ritengo che anche in queste esperienze le onde fossero frante. Minard e Frissard non mancano però di avvertire che le valutazioni dedotte in Algeri ed in *Cherbourg ne sont qu'approximatives*, e che anzi *laissent encore beaucoup à désirer* (689).

723. * Le rammentate sperienze dello Stevenson, eseguite in due distinti punti nell'Oceano, sono state da me poste sotto la categoría della potenza delle onde in quel mare (690). Ma se si considera la profondità e la estensione di esso in *Bell Rock*, uno dei punti dove furono eseguiti gli sperimenti, niuno, penso io, potrà credere che colà le onde possano sviluppare maggior potenza che nel Mediterraneo. Anzi *Bell Rock* non solo esiste in un mare meno profondo e non più vasto del nostro, ma quel punto è difeso dal primo sforzo delle onde, e da tutti i lati, dall'attiguo banco *Long Fortier* e dall'altro minore, *Marr Banck*, dal lato di maggiore stesa nella direzione di traversía, soprapposto al primo; di guisa che il fondo del mare, da 99 metri, passa subito a 82, poco dopo a 40 e 35, e poscia, si noti, a 54 metri. (Vedi la Carta citata al n.° 633). Quindi il risultamento dell'esperienze di quel tratto di Oceano può servire di norma anche per il Mediterraneo (708).

724. * Gli altri esperimenti eseguiti in *Skerryvore* (690), non soffrono uguali eccezioni: tuttavía mal si apporrebbe chi credesse dedurre da essi la vera pressione delle onde del vasto e profondo Atlantico. Anche quivi all' avvertenza del Washington è d' aggiungere l' altra che l' onda prima di arrivare in *Skerryvore*, ha inciampato nel ciglio della ghirlanda dei terreni avventizî, il quale, quasi a picco, da 384 metri, letto del mare, s' innalza a metri 134: su di che, richiamo il lettore alla osservazione fatta anche dall'Airy (683).

* La medesima osservazione cade in acconcio sull' esperienze eseguite dal Walker in *Plymouth* (469), e su quelle fatte da Duparc in *Cherbourg* (689).

725. Nell' antemurale di Civitavecchia i marosi dopo essersi franti ed avere percorso lo spazio orizzontale di m. 17 salendo l' irregolare piano inclinato della scogliera, imboccano con grandissimo impeto nella tromba delle cannoniere del primo ordine di batteria del forte Gregoriano, l'asse delle quali è a 6^m,07 dal pelo medio del mare. La bocca interna di esse A (Tav. 1, fig. 1) di superficie 0^m,4225 quadrati, si chiude da un portello di legno B (fig. 2) fermato da una sbarra pur di legno C avente moto rotatorio per mezzo di un perno fissato nel centro del portello stesso: la quale sbarra va ad incastrarsi in due staffe di ferro battuto D di metro 0,04 di larghezza per metro 0,01 di grossezza, e di 0^m,12 di lunghezza; il che tiene a freno l' intero sistema di chiusura. In una libecciata, dopo ripetuti colpi de' marosi, le staffe si spezzarono, e non solo il portello, ma anche un obice allungato, di 6 pollici, col suo affusto, impostato dietro la cannoniera, furono spinti per circa 5 metri e balestrati nel pozzo E, privo di parapetto, che occupa il centro del detto forte. Dopo un tal fatto i francesi, quivi di guarnigione, aggiunsero una contro sbarra di ferro tondo F del diametro 0^m,03 fissata in due occhi di ferro G impiombati nel masso ad una profondità di 0^m,22, passando per il centro del portello. In seguito di forte libecciata, questo nuovo sistema di chiusura ha subíto altri danni, e particolarmente nella cannoniera che guarda l'O.S.O. le staffe del primo sistema si sono aperte, la contro sbarra addizionale H (fig. 3) si è curvata per 0^m,06 di freccia, ed uno degli occhi di freno si è distaccato strappando un brano del masso in cui era impiombato.

726. Prendendo a calcolo le dimensioni delle staffe ed introdotti i valori nelle note formole delle relazioni tra le forze resistenti, assumendo la resistenza del ferro pari a 40 chilogr. a millimetro quadrato, si ottiene che hanno le singole staffe resistito ad uno sforzo di chilogrammi 892,90 donde si arguisce una pressione a metro quadrato di chilogrammi 4226,75. Passando poi alla freccia d' incurvamento della contro sbarra, calcolatone lo sforzo sulla superficie, si rinviene di chilogrammi

6858 assumendo pel valore del coefficiente di elasticità il numero 18 000 000 000 il che sviluppa a metro quadrato una pressione di chilogrammi 16231,20. In quanto allo spezzamento del masso, scaglia morta, troppo ipotetico sarebbe il calcolo mal conoscendosi gli elementi da introdursi nel valutare la resistenza da esso prodotta.

Di persona ho io visitato il luogo e verificato l'accaduto. I particolari di esso ed il disegno della unita tavola prima, mi sono stati favoriti dall'ottimo mio amico e diligente osservatore Biagio Donati. Questa tavola dimostrativa dà un' esatta idea del luogo, riunisce gli elementi per la verifica de'calcoli, e facilita il concepimento della potenza esercitata dalle onde, anche ripetutamente frante, contro quell'antemurale, e specialmente quando sono spinte e ristrette nei fori di un muro, o fra i vani dei massi delle scogliere. * In questa edizione aggiungerò in seguito altre grafiche dimostrazioni sugli effetti delle onde nello stesso antemurale sotto la superficie del mare.

727. De la Beche osserva, che i frangenti hanno ancora un altro genere di azione, comparabile a quella di un cuneo (*wedging-power*) nei luoghi ove dei grossi massi difficili a smuovere sono misti con pietre più piccole o facili a trasportarsi. Un banco di questa natura acquista qualche volta solidità, perché sovente i più piccoli pezzi sono cacciati fra i più grossi e ad essi stretti sì fortemente, ch' è d' uopo per estrarneli di usare gran forza ed anche talora è necessità di spezzarli.

728. Finalmente, secondo il Reibell, il massimo d' intensità de' marosi corrisponderebbe in *Cherbourg* all' altezza della mezza marea, ed a *Cette* a $1^m,50$ sotto il pelo basso dell'acqua.

729. * E secondo il Minard, l'azione *sensibile des vagues de l' Océan* si estende sino a 7 e 8 metri di profondità *au-dessous du creux des vagues*, quella del Mediterraneo *jusqu'à* 5 *mètres*.

730. * Convengo che la dottrina dettata oggidì nelle scuole d' idraulica induca a ritenere che l'azione *sensibile* dei marosi non oltrepassi questi limiti: ma è mio intimo convincimento che l' indicata azione nei due mari in realtà è molto più sotto. I fatti da me raccolti spero che indurranno anche altri ad entrare in questo convincimento.

ARTICOLO NONO

LAVORI RILEVANTI E MANIFESTI DELLE ONDE, NELL'OCEANO E NEI MEDITERRANEI: LAVORI DEI QUALI È NOTA LA PROFONDITA' DELL'ACQUA, E LA DURATA DEL TEMPO IMPIEGATOVI

731. * Duleau ci avverte che lo scoglio cieco *Artha* (536) è stato decimato nella parte superiore dall' *action des vagues* di metro 1, 50 nel periodo di 43 anni. E di fatto nel 1789 Bremontier lo aveva trovato nella più bassa marea a metri 7,80, e nel 1832 lo scandaglio dava 9^{m},30 sotto lo stesso livello. Questo fatto è registrato anche dal Monnier.

732. * Rodriquez, parlando delle estese seccagne prossime all'isola di Portosanto (Madera), registra che i vecchi naturali dell'isola ritengono che le rocce, di cui sono costituite, erano con mare agitato più appariscenti e terribili di quello che non lo sono presentemente, e che il culmine di esse, formato da rocce basaltiche, *è stato distrutto* e *profondato*; talché presenta oggi, 1854, nella sua estensione dai 5 ai 50 passi di fondo: nel 1802 Bowen trovò di 4 passi e mezzo la minor profondità di acqua.

733. * Germain, parlando dei movimenti subíti dal fondo nella rada di san Paolo (isola *de la Réunion*) ci dice: « *On est frappé des changements qu'ont éprouvé les profondeurs voisines de 40 metres* . . . . .) e poscia soggiunge: *que de 1861 à 1863 les fonds se sont considérablement exhaussés jusque par 40 mètres et plus de profondeur*, e che dal 1845 l'effetto generale sembra essere stato una elevazione, debole in sostanza, ma che si fa sopratutto manifesta *par le travers du débarcadère*, e fra il cimitero ed il capo *Lahoussaye*, *jusque par les fonds de 20 mètres.* »

* *C'est la houle de S.O.* ci avverte Bourgois, *qui creuse les rades*, delle coste meridionali di Sumatra e di Java, *de façon à les rendre peu sûres pour les navires.*

734. Mercadier ha registrato, essere stato assicurato dal Codeviola che all'entrata del porto di Genova, ove il fondo del

mare era di 12 metri circa, si formò un banco di sabbia di 4 metri di altezza, e che dall'azione delle tempeste venne dissipato senza più riprodursi.

735. * A. Lieussou racconta che a *Bône la houle*, in profondità di 10 a 12 metri, non solo *remue le fond*, ma *déchausse* puranche *les ancres*.

736. * Si è veduto che nel banco di Caccia, situato fra Corsica e Minorca, le onde zappano le arene in non meno di 23 metri di profondità, e le gittano a bordo dei bastimenti, ed anche de' più grandi, che passano sopra di esso (647).

737. * Così si è veduto pure che l' Aimé, in forza di esperienze dirette, ha provato che nella rada di Algeri le onde, non più alte di 2 a 3 metri, imprimono sopra un fondo di 18 metri di acqua *des traces de la plus violente agitation*. Ed anche a 28 metri di profondità, dopo il passaggio di onde di due metri soltanto di altezza, *l'on trouva des effets a peu près semblables aux précédents*, ed a 40 metri le onde di tre metri di altezza hanno pur lasciato traccia del loro passaggio (648).

738. * Si è veduto ancora che lo Spallanzani ci dà per cosa certa che nell' isole Eolie le onde a 40 metri di profondità hanno ancora potente azione di *sfracellare*, *infrangere e disperdere* (649).

739. J. White ha pubblicate le osservazioni seguenti che, per la loro importanza, sono state riprodotte dal Givry, e da questi io l'estraggo.

* Primo : *Remarque sur les changements que la superficie du fond éprouve dans le voisinage des îles Jersey-Guernesey.*

*«La qualità del fondo, nei diversi ancoraggi presso le dette isole, è quella trovata dopo una serie di giorni di bel tempo e di venti moderati; *mais on a reconnu qu' une longue suite de coups de vent est une cause sensibile d' altération dans la nature de la superficie du fond. Il est vraisemblable* (e per me è cosa certissima aggiungo io) *que la grande agitation que la surface de la mer éprouve durant les coups de vent se répercute jusque sur le fond, et les ondulation qu' elle y produit y paraissent suffisantes pour entraîner, dans la direction que suit le vent, une partie de l' immense quantité de galets, de pierres plates et de débris de coquilles répandus sur le fond; ainsi,*

si è osservato che dopo più giorni di grossi tempi dalla parte di Ovest, *ces débris étaient transportés vers l'Est*, mentre che in seguito *des coups de vent* dalla parte di Est, *ils l' étaient vers l' Ouest*; questi venti avendo la proprietà di distruggere e respingere *les amoncellements produits par les vents d' O.* Egli è particolarmente all' intorno dell' isola *Jersey*, che questi movimenti alternativi possono essere meglio osservati. »

* Secondo: « *Remarque sur les variations qu'éprouve le brassiage des bancs de la Schôle et du Vieux-Château.*

* « Egli è stato verificato che dopo l'anno 1804 il banco della *Schôle a augmenté d' étendue et que les sondes, dans ses environs, sont plus régulières aujourd' hui qu'elles ne l'étaient autrefois. Cet accroissement provient-il d' une impulsion uniforme, ou de l'effet temporaire des coups de vent? c'est ce que M. White ne prétend pas décider*; ma in virtù delle osservazioni da lui fatte espressamente *à l'entrée des baies et des havres, où la force des courants ne se fait pas sentir*, egli ha acquistata la convinzione che i diversi *bancs et hauts-fond de sable mouvant et de galets*, che esistono in questi paraggi, *s'élèvent ou s'abaissent selon les circonstances qui agissent sur eux;* » (cioè, dico io, secondo la forza e la durata del moto ondulatorio, tanto più che egli stesso, il White, esclude implicitamente quello delle correnti). « Il White, continua il Givry, indica particolarmente i banchi *Vieux-Chateau* posti dinanzi la baja di *Grouville*, sopra la costa orientale dell' isola *Jersey*, *où il a maintes fois répété cette expérience.* »

* Dal contesto di queste osservazioni, e dalla quantità di acqua che cuopre gli ancoraggi ove esse ebber luogo, può dedursi che il moto ondoso ivi opera in pochi giorni gli enunciati lavori sopra una *immensa quantità di ghiaje, di pietre piane e di frammenti di conchiglie sparse sul letto del mare*, ed alla profondità di 10, 20 ed anche più metri.

740. * Il Calver, intorno alla profondità, cui le onde esercitano la loro influenza, dopo aver accennato alla notevole differenza che deve sussistere tra gli effetti prodotti sul fondo dalle grandi onde sviluppate in alto e libero Oceano, e quelli prodotti dalle piccole onde formate nel canale della Manica, così si esprime: « Che le onde diano luogo ad uno sconvolgimento

in profondità almeno (*at leust*) di 15 *fathoms* (27^{m},40) sulla nostra costa orientale (Inghilterra), è manifesto dall'acqua di quella profondità, la quale spesso è impregnata (*charged*) durante venti freschi (*gales of wind*) dei *detritus* o materie costituenti il fondo;» ed egli ha osservato ancora delle onde di sei a otto piedi (1^{m},83 o 2^{m}, 44) intorbidar l' acqua in profondità di sette o otto *fathoms* (12^{m},80 o 14^{m},60).

741. * In diversi punti del littorale italiano, non intorbidati da perenni e potenti corsi di acqua terrestri, e più specialmente ai lati del porto di Civitavecchia, io ho molte volte avuta occasione di notare che delle onde non più alte di circa due metri, dal cavo alla cresta , intorbidano notevolmente l' acqua in 30 metri di profondità , e più ancora se il mare agisce da più ore. Non credo necessario avvertire che nelle circostanze di queste osservazioni deve l'osservatore esser certo che di recente non abbia piovuto, giacché la pioggia dà vita ai vicini fossi, e le materie da questi convogliate al mare, possono prender parte a quel coloramento dell'acqua, e però non può essere allora interamente attribuito all'azione dei flutti. Solo avvertirò che quasi ogni volta, nell'occasione delle fatte osservazioni, il vento soffiava fresco di fuori, e perciò, a mio avviso, spingeva quel coloramento verso la riva e lo faceva apparire in profondità minore di quella, ove l'urto notevole dell'onda aveva luogo e quell' intorbidamento cominciava. Di contro all' antemurale la linea del coloramento è più distante a confronto di quella laterale nelle due rive, e cade in un fondo di acqua maggiore; ma in questo punto la risacca prodotta dall'urto dei flutti contro la scogliera dell'antemurale, deve prender parte al coloramento.

742. * Dinanzi a *Dunkerque*, in coteste *vagues saturées de sable*, che sembrano al luogo come *de grandes taches jaunes, on a pu recueillir* , dice il signor de la Roche-Poncié , 3 *centimètres cubes de sable dans six litres* di queste acque gialle.

743.* Ma l' intorbidamento dinanzi al porto di Civitavecchia è al certo meno forte per la differente natura del fondo dei due siti. Credo che quello dei lidi sottili dell'Adriatico e quello dell'Egitto si possano all'altro di *Dunkerque* assimilare. Per esempio nel ripetuto giornale del Guglielmotti è registrato:

* « La natura e condizione del lido a Portosàido è simile a

quella del resto di Egitto: basse terre, spiaggia sottile, fondo di sabbia. Basta poco vento diforano a rimescolar questo mare; comeché al largo sembri quieto. Ma allora non sono qui a vedere le onde vivaci e spesse degli altri rivaggi; non creste arruffate, non sprazzi lontani di spume: qui non galoppano cavalloni, non si sbrancano pecorelle, né il mare è verdazzurro, né la spuma bianca. Anzi l'acqua del mare, imbrattata e pregna di sabbia, dà vista sudicia e scura; la spuma si mostra livida e gialla: e le onde, perduta la base a gran distanza, chinata la testa e il dorso, formano lunghi e grossi cilindri, come colonne, che vengono rotoloni gli uni dopo gli altri alle riva, senza distendersi altrove che sulle battigie. »

744. * Il Forbes Edoardo notò che la *Venus Cassina*, grossa conchiglia che si sa non vivere a minore profondità di sette *fathoms* (12^{m}, 80), è di sovente gettata, durante venti molto freschi (*heavy gales*), sulle rive della Scozia, dell'Irlanda e dell' isola di *Man*.

745. * Il Wilson, capitano del porto in *Holy Island* sulle coste di *Northumberland*, informò il Calver che il piròscafo *Pegasus*, il quale aveva affondato in undici *fathoms* (20^{m},10) alquanto al nord del *Goldstone*, giacque intero colà sino al sopraggiungere di un vento molto fresco (*heavy gale*) da N.E., e si spezzò in tempo di alta marea (*broke up at high water*), e parte dell'affondato piròscafo fu gettato a terra (*was driwen ashore*). La differenza ordinaria fra l'alta e bassa marea in quel luogo è di 4 metri; quindi, quando il sommerso piròscafo fu spezzato dalle onde, si trovava a circa 24 metri sotto la superficie dell'acqua.

746. * Il Coode nei suoi esami sottomare del *Chesil Bank* ottenne una manifesta prova (*a clear proof*) dell' influenza dell'onda ad una profondità di otto *fathoms* (m. 15).

747. * Il Washington, durante l'esame del mare nordico da esso diretto, avvertì che il mare aveva potenza di muovere verso terra i ciottoli, o rocce sfogliate (*shingle*), in una profondità anche maggiore di otto *fathoms*.

748. * Si è veduto, al numero 413, che *in una sola notte* l'escavazione eseguita con grande spesa per dare un porto a *Saint-Gilles*, *fu riempita con delle migliaia di metri cubi*

di arena. Così sono già stati registrati altri fatti di questa specie, ed ai quali si potrebbero unire non pochi ancora notati nelle opere che trattano degli effetti massimi del mare contro le dighe olandesi, come, per esempio, quelli di cui parlano il de Beaumont, il Gevers d'Endegeest, l'Esquiros ed altri. Ma questi fatti entrano nella categoría degli straordinari, mentre i raccolti in questo articolo appartengono a quella dei fatti ordinari, ed è di questi soltanto che io intendo qui discorrere.

749. * In Acton si legge quanto appresso:

* « Egli è cosa dubbia molto, a qual profondità il mare fosse agitato da' venti. Così nel caso del naufragio della fregata Thetis al capo Frio nell'America meridionale riferisce il capitano Dickinson, che visitando il bastimento naufragato alla base delle rocce, si osservò dallo stato del legname e del ferro quali violenti scosse e dislogazioni essa aveva sofferto, tali che non si erano mai visti per lo avanti e non si supponevano possibili, senza questa prova oculare ».

* Queste brevi parole dell' Acton, racchiudendo un fatto importante e solo genericamente accennato, mi suscitarono il desiderio di conoscere i particolari di esso, ed ecco il risultamento delle mie ricerche.

750. * Il citato sinistro, accaduto la notte del 5 dicembre 1830, avrebbe potuto dare molti ed importanti lumi sugli effetti delle onde a notevole profondità, se speciale studio di essi effetti si fosse unito alle minute ricerche che, nel fondo del mare in quella circostanza si fecero. Tuttavía da quanto è raccolto in tre articoli, pubblicati nell'accreditato giornale marittimo, *The nautical magazine and naval chronicle*, ho potuto desumere indizî, contrassegni e fatti da non lasciare dubbio alcuno sugli effetti di cui tratto.

* Egli è a molti noto che in detta notte la Fregata inglese la Teti investì la rupe della piccola isola, la cui estremità forma il citato capo Frio, e si sommerse. « La grue di mura di trinchetto infilzò in uno degli interstizî della rupe (*the bumkin, was forced into one of the interstices of the rocks*), e spezzata restò come ricordo della perdita del bastimento. » Dopo questo primo urto la fregata scaronzò lungo la ripida e

profonda riva per 700 metri circa verso il Nord Nord-Ovest, soffiando vento dalla parte dell'est (*eastward*), e quivi si affondò.

* Oltre al valore della fregata, essa conteneva di più quello di ottocento mila colonnati o scudi (*dollars*) imbarcati in Rio Janeiro per trasportare nell' Inghilterra. Questi valori indussero il Governo inglese ad ordinare dei rilevanti lavori per pescarli. La cura di questa straordinaria ed importante pesca venne affidata al capitano Dickinson. Egli è da credere che questo ufficiale abbia compilato dei rapporti pel suo Governo forse più particolareggiati, e per conseguenza più istruttivi degli anonimi pubblicati nel citato Giornale scientifico, ma io non ho che questi. Tuttavía dall'ordinamento di essi e dai particolari in questi registrati, io li trovo abbastanza istruttivi, e non dubito punto di asserire che se gli articoli non sono dettati dal citato ufficiale, sono certo scritti da persona coscienziosa, perita e presente ai lavori. Inoltre è ivi dichiarato « che molto del ragguaglio di questi lavori, è stato gentilmente comunicato da una originale ed autentica sorgente (*much of the foregoing account of this service has been obligingly communicated from an original authentic source*) » : ed il carattere serio del giornale, e la natura dei fatti stessi non permettono di stare in dubbio su l'autenticità di essi.

751. * Dei detti articoli e dei disegni che l'accompagnano io qui mi occuperò, solamente di ciò che ha diretta relazione con gli effetti delle onde, coordinandoli di preferenza secondo la specie di essi piuttosto che secondo la precisa data del giorno in cui vennero registrati, e se il lettore mi favorirà di tutta la sua attenzione, io nutro fiducia che i soli fatti raccolti in questo estratto, trascurati fino ad oggi per quanto è a mia notizia, lasceranno in lui il convincimento che la potenza lavoratrice delle onde si esercita con notabili effetti in profondità di acqua molto e molto maggiore di quella, cui egli può aver creduto fin ad ora, e vedrà pure che, se il mare è soltanto un poco agitato alla superficie, l'uso della campana da palombaro non è più ammessibile, anche a quindici e venti metri al disotto di essa superficie.

752. * La fregata, come può desumersi dalla descrizione dei lavori, si trovò immersa in una profondità non minore

di 22 metri di acqua nella baja (*cove*) che oggi porta il nome di Teti. Il fondo era scoglioso ed irregolare, come si legge negli articoli e come si vede in una pianta del letto o fondo della baja in essi articoli unita; quindi si può ammettere che la fregata siasi in esso naturalmente in due o tre parti aperta, ma non più di tanto, avvegnaché, si deve avvertire, la fregata calò e non piombò a fondo in più pezzi divisa, e che essa era di recente costruzione, siccome io sentii ripetere in *Rio de Janeiro*, trovandomi colà in quei giorni. Quindi l'esame di questa pianta, che mostra con molta chiarezza lo sparpagliamento di diversi pezzi dello scafo, di attrezzi, di cannoni ed i punti diversi ove fu trovato il danaro, *desunto dagli avanzi del naufragio nello stato in cui erano il* 23 *novembre* 1831, cioè soltanto un anno dopo l'affondamento, il detto esame dico, a me non lascia verun dubbio sul potente lavoro esercitato colaggiù dalle onde, prima per frantumare lo scafo, poscia per trasportarne quà e colà i pezzi e gli oggetti che esso conteneva. Lavoro che recò meraviglia al Dickinson non supponendolo possibile senza la prova oculare, siccome afferma l'Acton (749).

753. * La descrizione conferma non solo quanto nella pianta è indicato, ma nota pure le distanze ove si sono trovati gli oggetti. Eccone un saggio: ma prima sarà pregio dell'opera far precedere la descrizione del *derrick*, macchina costruita sul posto e che è più volte citata nella descrizione dei lavori.

754. * Il *Derrick* era una grue o biga di legno formata di più pezzi, lunga 158 piedi inglesi (47^{m},17); essa appoggiava il piede contro la rupe, e la testa ed il corpo si tenevano sorretti in differenti punti della sua lunghezza, da diversi stragli che partivano dalla sommità della rupe. Il piede era quasi a fior d'acqua, e la testa, o estremità sporgente, distava 55 piedi (16^{m},76) dalla superficie del mare. Dei mustacci, o venti, la tenevano a freno da sinistra e da destra, e servivano a chiamarla or da questa ed or da quella banda sopra il naufragio. Un ponte galleggiante e la campana da palombaro si manovravano sotto la grue. Questa dunque era il punto di appoggio della campana e di ogni altra manovra.

755. * Nel porre in opera questa grue si trovò che essa era trenta piedi circa più corta del bisogno, e questo fatto si

spiega nell'articolo in due modi: o proveniente da errore di misura della distanza dalla rupe alla carcassa, o dal cambiamento di posizione di questa (*or from the position of the wreck having changed*): quindi fu d'uopo allungare la grue, la quale da 120 piedi si portò a 158 come ho detto.

756. * Agli undici maggio si eseguì la prima discesa con la grande campana sul bastimento naufragato.

* « Grossi massi di scogli, sotto i quali giacevano sepolti i pezzi del naufragio furono rimossi (*Large masses of rock beneath which pieces of the wreck lay buried, were removed*), e si sollevarono molte monete (*dollars*) e molti attrezzi (*stores*) del bastimento. »

* Chi aveva trasportati quegli scogli e sepolti sotto di essi quei pezzi domando io?

757. * « I punti segnati (nella pianta) col segno + indicano i posti dai quali la principale parte del tesòro fu ricuperato....

* « Alla profondità di undici *fathoms* (20^{m}, 10), corrispondente all'estremità della grue, cioè a circa 158 piedi dalla rupe, sopra la immersa carcassa, e che era la massima profondità, alla quale la lunghezza della manica della tromba ad aria permettesse di giungere, *abbiamo scoperto cinque verghe di argento.*

* « Il 30 Giugno un' altra grande quantità di denaro fu trovata sotto uno scoglio, il quale con molta difficoltà venne rimosso (*another large quantity of treasure was found beneath a rock, which, with much difficulty, had been removed*). » E differenti altre quantità di denaro sciolto, ossia scudi, si trovarono in diversi altri posti, come si legge negli articoli, e come si leggerà in seguito anche qui.

* Ora, io debbo credere che il detto tesoro, composto di monete e di verghe, fosse solidamente incassato, e molto probabilmente le casse stivate una vicina all'altra, e tra esse soprapposte; ma dopo l' affondamento della fregata, cioè nei giorni del ricupero, noi vediamo invece che il denaro è sparpagliato e che i punti indicati nella pianta, come posti di ritrovamento della maggior quantità di esso, sono ben distanti l'uno dall'altro, ed in direzioni ben diverse. E se la grue, e se la manica fossero state più lunghe, forse anche a maggiori

distanze e a maggiori profondità si sarebbero trovati altri oggetti. — Chi sfasciò le casse, e chi operò lo sparpagliamento, io domando, e su materia metallica, di forma piana e di piccolo volume, se non l'onda diretta e la risacca? — Andiamo innanzi.

758.*«Il 22 novembre 1831 noi calammo nella piccola campana da palombaro. (La grande era fuor di uso come si vedrà in appresso). Affondammo per primo sopra una parte del paramezzale della Teti, al quale trovammo attaccate alcune tavole del fondo della stiva, quelle di sinistra in sufficiente stato, ma quelle di destra spezzate a circa due piedi dal paramezzale. Questa parte di carcassa era lunga circa venti piedi, giacente in direzione di S.S.E. e N.N.O; il centro di essa era a circa 180 piedi dalla piatta forma più bassa ed in sei e mezzo a sette passi d' acqua (metri 13), e quasi tutto coperta di zavorra, palle, perni di rame e lavori di ferro spezzati di ogni sorta.

759.* « La campana essendo stata portata un poco più fuori verso il S.O., osservammo una catena da àncora, ma noi non riuscimmo, ad onta delle più scrupolose indagini, a trovarne le cime.

760. * « Vi erano due lunghi cannoni da 18, una gran pietra di tre a cinque tonnellate di peso, e sopra questa pietra una quantità di frantumi. Vi erano due pietre di minor mole dentro quella gran pietra, e vi vedemmo attorno dei colonnati (*dollars*). A poca distanza scoprimmo una parte del castello di prua con la braga di un lungo cannone ivi attaccata.

761. * « A circa 20 piedi O.S.O. della detta catena era l' argano, il quale non sembrava molto danneggiato. Non ci affondammo su di esso, perché l'ondeggiamento del terreno (*ground-swell*) andava crescendo, ed eravamo desiderosi di esplorare quanto più fosse possibile al fondo della baja, e particolarmente di esaminare la gran pietra che avevamo così spesso, ma inefficacemente, tentato di rimuovere.

762. * « Fummo quindi trasportati attorno in varie direzioni, e trovammo otto lunghi cannoni da 18 e quattro carronate da 32. Passammo sopra due di quei cannoni ed una carronata, e raschiandoli e battendoli li trovammo molto corrosi: essi erano bucherati a similitudine delle fiale (*quite honey-combed*). Vedemmo altresì una quantità di sartiame, palle e munizioni di

ogni fatta, ma tutto molto danneggiato e conseguentemente di poco valore. . . .

763.* « Il 9 dicembre seguente *un piccolo cambiamento ebbe luogo nella posizione degli oggetti nel fondo della baja.* (*little change had taken place in the position of the stores at the bottom of the cove*).»

* Ora, osservo io, chi operò questo cambiamento, in soli diecisette giorni in quelle profondità? Le correnti no, perché la marea è poco sensibile in quei paraggi ed in quel luogo, e perché la radente ivi non esiste o non merita di essere presa in considerazione. « Le correnti lungo la costa del capo Frio risentono in gran parte nella direzione e nella forza l' effetto dei venti », come osservano Rodriguez ed altri. Quindi di niun valore per il caso nostro; ed in fatti negli articoli, dai quali estraggo queste notizie, mentre si chiama l' attenzione sugli effetti dei flutti, non si parla di correnti: dunque furono le onde che l' operarono.

* A convincersi sempre più della giustezza di questo mio giudizio registrerò ancora i seguenti speciali fatti.

764. * « Una rete fu preparata e stesa a traverso l'ingresso della baja nel fondo della quale la Teti giaceva, ad oggetto *di prevenire che niuna parte del naufragio fosse trasportata* (*o spazzata fuori dal mare*, secondo il senso della voce inglese *washed*). »

765. * Che esito ebbe questa rete? Eccolo.

* « Circa due mesi erano decorsi e neppur una parte del tesoro era stato ricuperata, quantunque, per quanto lo permetteva la piccola campana i più grandi tentativi erano stati fatti; e però *si credeva generalmente che esso fosse stato portato fuori dal mare come la rete* posta a traverso la bocca della baja al principio dell' osservazione, *la quale rete era stata prontamente portata via dalla violenza delle onde* (*as the net . . . had been quickly, carried away by the violence of the waves*).

* Dunque la rete fu dal moto ondoso strappata e portata via, e si credette un eguale esito al tesoro. Andiamo avanti ancora.

766. « In seguito scoprirono alcuni colonnati (scudi) e dell' oro (*of gold*) *tra gli scogli del fondo*, ma questa parte del tesoro, *era così completamente seppellita trà essi scogli che si*

rendeva difficile di distinguerla; e si adoprò una torcia nella campana, la quale però dopo breve tempo ci accorgemmo che non corrispondeva al bisogno (*and a torch was employed in the bell*; *which, however, after a short time, was found not to answer*).

767. * « Finché il tempo lo permise, la piccola campana fu costantemente in operazione, ma il 10 marzo *per la violenza del mare fu sbattuta contro la roccia nel fondo della baja*. Questo accidente mancò poco che non tornasse fatale ai due uomini che erano dentro, *i quali ne uscirono appena che essa campana piegò da un fianco*, e con difficoltà si presentarono alla superficie dell' acque, e così furono salvati ». Uno di essi dovette la vita al bravo capitano Dickinson.

768. * Il 18 del mese di maggio si levò vento fresco da S.O. ed andò crescendo.

769. * « La susseguente mattina la violenza delle onde era veramente terribile. Le onde nella baja si sollevavano sino alla metà delle soprastante rupe, cioè, ad un' altezza di quasi 100 piedi (metri 30) (*the waves in the cove rose half way up the overhanging cliffs to a height of nearly a hundred feet*) e portaron via gli oggetti situati sul ponte galleggiante fra i quali la tromba pneumatica; ed alle 10 a. m. una delle onde più grandi spezzò la grue in due pezzi, circa venti piedi dalla scassa; essa poscia si spezzò ancora in cinque pezzi ».

770. * Con lo spezzamento della grue cadde naturalmente nel fondo della baja la grande campana che vi era sospesa, ed il giorno 20, usando della piccola col mezzo di una barcaccia brasiliana, si ricuperò la tromba pneumatica e la grande campana; « ma questa aveva ricevuto tanto danno da non essere più servibile (*but the latter had received so much injury that it could not be used*) ». E di fatto non venne più usata.

* Dunque in un solo giorno, ed alla profondità di 20 a 23 metri, le onde ridussero inservibile la gran campana, che il giorno innanzi era sospesa alla grue.

771. * Usando poi la piccola campana, appesa alla barcaccia, per distrigare e liberare il più possibile i piccoli pezzi della carcassa si fa la presente annotazione:

* Questo lavoro fu seguito da molto pericolo per i

costanti venti freschi da S.E. che produssero tanto ondeggiamento che la campana era spesso scagliata contro gli scogli (*was frequently dashed against the roch*) con gran rischio da rompersi, come ancora danneggiare le maniche della tromba pneumatica ».

772. * Tuttavía con questa campana « si fecero considerevoli progressi nel rimuovere alcuni degli scogli sciolti tra i quali erano sepolti i frammenti del bastimento (*among which the fragments of the ship were buried*); e di quando in quando si ricuperavano degli scudi. »

773. * Ed altrove si legge:

* « La piccola campana più volte fu quasi perduta per trovarsi esposta al mare burrascoso (*was nearly lost, by being exposed to the roughness of the sea*) ». Ma ciò non è tutto.

774. * Il 30 maggio per fortuna di mare si sospesero tutti i lavori, e le lance furono costrette ad uscire immediatamente dalla baja per ricoverarsi nel porto. La barcaccia, destinata all' uso della piccola campana, venne rimurchiata dalle lance, ma tale era la violenza del vento e delle onde (*but such was the violence of the wind and waves*) che non potè continuare il suo cammino; quindi non restò altro partito che retrocedere nella baja e darvi fondo il più sollecitamente possibile. Ciò fatto bisognò abbassare la campana nell' acqua e portare a terra gli uomini.

775. * « In questa occasione la piccola campana era stata lasciata sul fondo della baja in balìa delle onde. (*The small diving-bell, on this occasion, had been left at the bottom of the cove to the mercy of the waves . . . . . .* »

E quando venne ricuperata « si trovò in stato così danneggiato dai colpi che aveva ricevuto negli scogli, da non esser più servibile (*when the small bell was recovered, for this was found to be, in so shattered a condition from the blows which it had received by the rocks, that it was of no use*). » Dal contesto della narrativa si desume che la detta campana restasse quattro giorni nel fondo del mare. In sì breve tempo tanto danno!

776. * Non solo nei tempi di grosso mare la campana non era, a quella profondità di 18 a 20 metri, servibile o

sicura, ma pure con mare apparentemente calmo alla superficie, ma non certo al fondo, non era né tranquilla, né di facile uso.

* « Anche in tempo favorevole, si legge nell' articolo, avvi gran difficoltà e pericolo nel discendere sul fondo della baja, poiché la campana spesso riceve un movimento oscillatorio, ovvero spazza per quattro o cinque piedi (*the bell frequently taking a swing or sweep of four or five feet*), ed allora urta contro gli scogli con forza sì grande che sarebbe riuscita fatale se ci avesse colpiti, ed alla quale veruna campana di ferro fuso avrebbe potuto resistere. »

777. * Questi fatti sono in solenne opposizione con coloro che asseriscono che l' uso della campana è comodo e sicuro a 5 o 6 metri sott' acqua, anche con il più grosso mare alla superficie !

778. * Cosicché dalla lunga serie dei sopra esposti fatti a me non resta verun dubbio su i potenti effetti di distruzione e di trasporto esercitati dalle onde dirette e dalle risacche alla profondità di 22 metri ed anche maggiore. Sì certo, anche maggiore, come si è veduto e come vedremo ancora in appresso, e come possiamo trarre prova da questo istesso caso. Ed in vero la baja della Teti non può qualificarsi come il punto ove le onde del mare giungano al massimo di lor forza. Esaminando e comparando la configurazione del sito, la sua esposizione e la posizione sua con altri siti del globo, si troverà giusta questa mia osservazione ; tuttavía io arrecherò un esempio in conferma di essa.

779. * Dal fatto del 19 maggio, cioè da quello che ci dà l' altezza massima, cui giunsero le onde battendo in quella rupe (769), possiamo desumere la pressione idrostatica esercitata da esse contro quell' ostacolo.

* Giovanni Washington, benemerito direttore idrografico presso l' ammiragliato inglese, in uno de' suoi molti ed importanti articoli, avendo preso ad analizzare le esperienze sulla potenza delle onde, eseguite da Tommaso Stevenson, ci fa avvertiti che « date le altezze contro un ostacolo, si può avere una scala, colla quale i risultati del dinamometro marino possono essere verificati o comparati (*the results of the marine Dynamometer can be checked or compared*). Ed egli stesso ne

porge degli esempi, uno de' quali cade in acconcio al caso nostro. Eccolo.

780. * Il 20 novembre 1827 in *Bell Rock*, Oceano germanico, l' acqua componente l' onda giunse all' altezza corretta di 106 piedi, la cui forza, per sollevarla a quel limite, è equivalente ad una pressione vicinissima a tre tonnellate per piede quadrato (*equivalent to a pressure of very nearly three tons per square foot*) ». Quindi noi possiamo dire che nella baja della Teti questa sia la pressione massima esercitata dai marosi contro quella rupe, giacché l'altezza massima cui si osservò giungere le più grandi onde in detta rupe fu *quasi di cento piedi* (769).

781. * Ora paragoniamo la potenza lavoratrice, che devono esercitare nel fondo quelle onde che si *slanciano con immensa massa di acqua a* 50 *metri sopra la superficie del mare contro il fanale di Edyston* (661), con quella che è infatto risultata da onde che soltanto *all' altezza di circa* 100 *piedi* (metri 30) giungevano nella baja di cui si tratta, e ci convinceremo che in realtà il lavoro di disfacimento verificatosi nella ripetuta baja della Teti, non è il massimo che le onde dell' Oceano sono atte a produrre. Ed il detto fanale non è il punto più esposto alla massima potenza delle onde (708).

782. * Arroge che nel paraggio di capo Frio non si vedono que' grandi e veloci marosi che s' incontrano in quello del capo di *Horn*, del capo di Buonasperanza, fra questo e la Nuovolanda, nel golfo di Guascogna, all' Ovest dell' Irlanda e della Scozia, ec. Quindi non devono mancare esempi per confermare la potenza lavoratrice delle onde alla indicata profondità non solo, ma anche in altre ben maggiori.

783. * Ma lasciamo le congetture quantunque ben fondate, e calcoliamo soltanto sopra i fatti, e specialmente sopra fatti così ben precisati e di natura come quelli riuniti fin qui. Io non ho bisogno d'impiegare molte parole per indurre l'animo del lettore a desumere un esatto giudizio da essi: dal canto mio, le riflessioni già innestate nel racconto e le conclusioni che ne ho dedotte, stimo che sieno più che sufficienti.

* Quindi non mi resta che basare un dilemma: O falsi questi fatti, o falsa la teorica che l'impugna. Sia pur rispettabile

l'autorità che limita a soli quattro, sei, otto o dieci metri al più l'azione sensibile del moto ondoso sul fondo benché di arena nei nostri mari, e pure nell'Oceano.

784. * Io ho fatto e vado facendo il mio còmpito: cerco la verità nel gran libro del mare ed in quelli dettati dagli uomini che specialmente come me, e più di me, in mare hanno veduto e registrato; apparterrà a chi non mi crede il provare che non ho saputo leggervi. Ma intanto ritengo per fermo che l'errore non sia dalla parte mia.

* Prego il lettore di non credere che questo mio franco parlare sia dettato da irriverenza o spirito di critica; io rispetto e seguo le teorie, e non manco di aver riverenza per gli uomini che non sono meco d'accordo; ma preferisco sopratutto la semplice lògica dei fatti, e se talvolta questi non sono abbastanza chiari, adopero altri fatti tolti dalla cerchia della stessa specie perchè si dieno lume a vicenda e si rendano chiarissimi: in una parola, in questa scienza di fatti, ove più gli occhi hanno veduto più vede la ragione, seguo la scuola di Leonardo, primo maestro di essa.

* Ecco nei susseguenti articoli ulteriori prove del mio procedimento.

ARTICOLO DECIMO

RISACCHE NEI DUE MARI

785. * La risacca è anche uno dei principali fenomeni del moto ondoso, il quale richiede accurato studio nella costruzione dei porti. Io divido questo fenomeno in due specie principali: risacca della superficie e risacca del fondo; esse possono essere di riflessione diretta e di trasmissioni laterali.

786. * Roffia registra pure *la risacca causata da più correnti*; ma io di questa specie ho per disteso parlato agli articoli sesto, settimo ed ottavo del precedente capitolo.

787. Ferdinando de Luca ragiona di questo fenomeno come di nemico molto nocivo: ed in vero il maggior numero de' porti artefatti sono molto difettosi per il poco studio che si è fatto, intorno a quest'onda di rimbalzo.

788. * Il Pareto ne ha formato soggetto di speciale analisi, ed utile è sempre il consultarlo.

789. * Ed il Minard ha dettato un bell' articolo, con espresso titolo *des ressacs*.

Risacca della superficie

790. Emy riferisce, che la pressione e la reazione de'flutti contro una costa profonda formano una risacca che si comunica a grande distanza, e sovente si osserva molto sensibile a più di 600 metri dalla costa.

791. * Nel 1835 io mi trovava a bordo della goletta del nostro Stato, *S. Pietro*, in crociera nel littorale del Tirreno comandata dal tenente colonnello Reali, quando, per il grosso mare e forte vento di libeccio, fummo obbligati a cercar ricovero a Gaeta. Giunti presso l' imboccatura del golfo dalla parte occidentale, il vento ci rifiutò e si calmò in gran parte, e quindi, caduti sottovento, il grosso mare e il poco vento ci trasportavano a perder legno e vita sotto il Monte, dove fondo e costa scendono a picco. Si gittò l' ancora della speranza alla distanza di circa tre gomene dalla roccia: e quantunque il mare come ho detto, fosse grosso, la catena non faceva punto forza, perché l'onda di riflessione ci allontanava da terra in guisa che, anche senz'ancora, io penso che la goletta non vi avrebbe urtato.

792. * L'ingegnere Vetch ci racconta: « Nell'uscire dal piccolo porto di *Scarnisch* nell'isola *Tiree*, a bordo di un bastimento di 25 tonnellate, noi fummo trasportati per tre volte su e giù di uno scoglio, circa 30° inclinato dalla verticale, con vento molto fresco che spingeva in terra, senza però toccarlo, sebbene il lato del bastimento fosse distante di una jarda (1^{m}.80) dallo scoglio. »

793. Dal registro del fanale di Livorno, tenuto dall'ispettore Parenti, risulta che la risacca prodotta dal molo di quel porto (molo Cosimo) e diretta ai moletti del fanale, situati in distanza media di 450 metri, cagiona effetti sensibilissimi. Tra molti esempi ne citerò due. Del pietrame ed altri massi per le finestre de' magazzini, collocato sullo scalo di detto fanale all'altezza di 1^{m}, 30 dal livello medio del mare, e distante dal ciglio di esso scalo 6 metri circa, venne tutto dalla risacca

trasportato a 20 metri di distanza. Nove scalini di pietra di Monsulmano, del peso ognuno di circa 800 libre, da un angolo della piazzetta vennero dalla risacca trasportati in mare. L'altezza cui, nel ripetuto fanale, giunge il flutto di risacca, è, secondo il prefato ispettore, di circa 8 metri sopra il livello ordinario del mare; ed io ho più volte veduto che il flutto riflesso del molo Cosimo ha tal potenza da elevarsi e frangersi sopra la parete interna del moletto di tramontana dell' anzidetto fanale, e da contrastare il passo ai flutti del largo, i quali, percosso al di fuori questo moletto, lo scavalcano.

794. De Ritis osserva che « la risacca, di che lamentiamo nel porto di Napoli, non da altro si cagiona, se non dal riflusso de' cavalloni che dalla spiaggia (e non rupi a picco) de'Granili e della Marinella vi si spingono. »

795. * È noto che il moto ondoso che direttamente o indirettamente s' introduce in un porto, se non ha modo di morire subito, danneggia molto ed anche spezza gli ormeggi dei bastimenti; produce avarie nelle abbozzature degli stessi ormeggi, nei loro incrociamenti e nei punti di appoggio sopra i bastimenti. Questi poi soffrono danni ben maggiori: tratti con violenza per un verso e tosto pel verso contrario, tessono ed urtano fortemente anche contro di essi se lo spazio è limitato; e da ciò quel ferale cigolío che sloga la chiodagione, sconnette il commesso delle carene, apre i commenti delle bordature, allarga i braccioli delle bitte, delle late e degli scalmi.

Risacca del fondo

796. * La risacca di fondo deve aversi anche più a calcolo di quella di superficie; perché se questa, isolatamente o unita con quella di fondo, può molestare e danneggiare i bastimenti, quella può pure interrire i porti quando il giuoco di essa sia stato male studiato nella loro costruzione, e può servir qual veicolo di potente spurgo dei porti medesimi quando invece sia stato bene condotto.

797. F. Sponsilli ci racconta: « Su quella parte della costa basaltica tagliata a picco, in vicinanza della Torre del Greco, ho veduto il mare, agitato sì ma *senza onde*, produrre una risacca che alzar facéva le sbruffature, *fallins*, per quasi trenta

palmi (7^m, 80) fino al ciglione del picco battuto da una massa di acqua, che la sua impulsione, se non dalla superficie, certo dal fondo ricevere doveva nel momento dell'osservazione. »

798. * Nell' interno del porto di Civitavecchia, e precisamente negli angoli formati dalle banchine sotto la fortezza, sotto l'arsenale ed anche sotto la calata presso la scaletta, si vedono de' raduni di ciottoli del volume medio di un uovo di gallina, ed alcuni di misura doppia e quadrupla. Questi ciottoli sono la maggior parte degli stessi materiali dell'attenente grossa spiaggia di levante, e degli scogli che difendono il molo del bicchiere e l'isola dell'antemurale; il rimanente di materie diverse. I primi credo certo che provengano dagli indicati luoghi; i secondi possono provenire dai ruderi di antichi manufatti esistenti nella battiggia della detta spiaggia, ed alcuni dal fraudolento gettito della savorra dei bastimenti ormeggiati nel porto. Ma provengano essi dalla costa, dal bicchiere, dall'antemurale o dai bastimenti, non vi ha dubbio che i detti ciottoli traversano per la più gran parte l'intero porto, ossia un tragitto di 600 metri circa in un fondo generalmente fangoso, e di 10, 6, 3 e zero, ovvero 6, 3 e zero metri, ed anche sopra lo zero delle acque medie.

* Ora, qualè può essere la potenza che imprima moto di traslazione a materiali del volume e del peso degli accennati, e sopra un fondo acclive dell' indicata natura? La corrente littorale? no davvero. Perché, quando ne avesse la forza, la sua direzione essendo verso Nord–Ovest, i detti materiali sarebbero trasportati fuori del porto ed alla parte destra, passando, il numero maggiore, tra le due bocche del porto, come avviene delle melme; invece si trovano nell' interno del porto ed alla parte sinistra, guardando il mare. Dunque devono essere i flutti.

* E che i flutti siano, si fa puranche manifesto dalla posizione che occupano nel porto i detti ciottoli. Essi si trovano sempre ed in maggior copia negli angoli che guardano l'apertura della bocca di ponente. Nella scogliera dell' antemurale, per esempio, i piccoli massi per il cozzo fra essi nei tempi di grosso mare si riducono a ciottoloni e quindi a ciottoli, avviandosi di mano in mano sulla punta di scogliera che ristringe la detta bocca e termina sul fondo della bocca stessa. I flutti di ovest e di ovest-sud-ovest, che v'imboccano, spingono

i più piccoli negli angoli suddetti. Gli stessi flutti, scavalcata la lingua di scogliera, si propagano nel porto come onde di poca altezza e di poco sensibile moto di trasporto alla superficie, e solo l'urto loro sul fondo e la corrente da essi ivi creata devono imprimere moto di trasporto ai materiali. Ad aumentare i depositi sopra indicati prende parte la risacca di fondo prodotta da quei flutti che, entrati dalla bocca di Sud, detta di levante, vanno a percuotere nel braccio del lazzaretto. I ciottoli che entrano da questa parte, provenienti dalla costa di levante e dalla scogliera del bicchiere, si dividono in due masse: l'una dalla risacca di fondo della scogliera del bicchiere è trasportata nell' interno dell' antemurale, da dove per mezzo della risacca di trasmissione laterale è accumulata sotto il faro e vi forma notabile deposito, al quale può avere parte la risacca di riflessione della testata del molo del lazzaretto; l'altra dal flutto del fondo diretto è condotta al detto molo del lazzaretto, ove lasciatane una piccola porzione nell'angolo formato dalla piazza dabbasso, il di più è respinto per la risacca di fondo sotto la calata, sotto la fortezza e sotto l' arsenale, come ho accennato in principio. Lo stesso giuoco di risacche vedesi nel bacino della darsena, e più specialmente se ne desumono gli effetti nell'angolo di levante; che, per usare dell'idrometro ivi situato, si è obbligati di spurgar di sovente.

799. Un testimonio perito e di vista, il cav. Bounin, mi ha raccontato, che in Algeri uno scoglio di due metri cubi, dopo una tempesta, dall' antico molo venne trovato presso la sanità, cioè a 160 metri di distanza, avendo traversato un fondo di 3 a 8, da 8 a 1 metro.

800. * Dal giornale del fanale di Livorno tenuto dal citato Parenti si desume « che il 15 gennajo 1843, essendo vento e mare da libeccio, atteso la forte risacca che viene prodotta dal mare riflesso dalla scogliera del molo Cosimo, la barca di servizio del fanale, lunga 21 piede, venne affondata non ostante che avesse una bozza da prua di 4 passa sopra un cavo di posta che pur doveva cedere. La detta barca dopo affondata ruppe gli ormeggi, e poscia si ritrovò malconcia presso la scogliera del molo suddetto. » Questo fatto ci prova, che la risacca sottomarina ebbe la forza di rompere gli ormeggi della

barchetta affondata alla profondità di circa 6 metri, e di trasportarla per 250 metri in un fondo acclive a fracassarsi presso la scogliera. Dallo stesso giornale si desume ancora un fatto già in parte da me riferito, cioè che « nel mese di novembre 1851 la suddetta risacca portò via da un remoto angolo della piazzetta 9 scalini di pietra di Monsulmano di libre 800 circa ognuno, residuo della nuova scala interna del fanale, ed in seguito furono trovati in fondo al mare sotterrati dal fango e *tutti arrotati*. » Il che ci prova che la potenza del flutto poté rimuovere quei massi alla profondità di 4 a 6 metri, arrotarli e coprirli con strati di fango.

801. La risacca si crea anche nelle spiaggie sottili, come han dimostrato Leonardo e Boscovich, e ad essa si devono quegli *antecordoni* littorali sommergibili.

802. * Per osservazioni fatte mi sono convinto, che nelle più grandi tempeste i marosi zappino piuttosto che formino le rive di arene; quindi la risacca trasporta seco, discendendo dal piano inclinato della spiaggia, maggior quantità di arene di quella che il cavallone possa depositarvene; cosicché, in questi casi, il ritorno del maroso dissipa maggior massa di materiali di quella che il maroso stesso ne accumuli; e questo dissipamento è tanto più notevole ove il lido non presenti ai cavalloni abbastanza sviluppamento e dolce inclinazione nel fondo sottomare e sul lido istesso.

* Certo, nei sei e più lustri di mio esercizio nell' arte della marina, ho sempre veduto negli oceani e nei mediterranei confermato questo fenomeno. Invece nelle tempeste ordinarie e nelle burrasche, e più ancora quando queste e quelle straordinarie sono in decremento, quando in una parola il moto ondulatorio già franto non è sfrenatissimo o tende a tornare in calma, ho pur sempre veduto che i flutti ammassano ed assettano i materiali con quell'ammirabile ordine che ben a ragione sorprendeva gli esperti indagatori dei fenomeni della natura, Elia de Beaumont, Luigi Urbano Dortet de Tessan ed altri.

ARTICOLO DECIMOPRIMO

ALCUNI FENOMENI DEL MOTO ONDOSO IN CIRCOSTANZE SPECIALI

Onde senza vento

803. Non fa d'uopo che il vento soffi, perché si verifichino alcuni notabili fenomeni nel moto ondoso. Quando Colombo spiegò

> Lontane sì le fortunate antenne,
> Che appena seguirà cogli occhi il volo
> La fama, ch' ha mille occhi e mille penne,

ci riporta Las Casas, « che mentre l'equipaggio mormorava, dicendo, che non essendovi mai marosi in quei tratti d'Oceano, non sarebbonvi giammai neppur venti per ritornare in Ispagna; il mare si agitò *senza che il vento spirasse*, e divenne sì grosso che tutti ne furono sbigottiti. »

804. * Il Meyen al Sud d' Istrica, con tempo dolce e sereno, ed il vento essendo appena sensibile, ha vedute giungere dall'alto mare *des vagues de* 30 *e* 40 *pieds* (media m. 11) *d'élévation*; e si noti che ivi, sulla costa occidentale dell'America del Sud, il flusso e riflusso sono poco sensibili.

805. Bremontier riferisce che in tempo tanto calmo da non potersi distinguere da qual parte venga il vento, un'onda di circa 3 metri di altezza si frange sopra il citato scoglio *Artha*, anche in alta marea, quantunque la sommità di esso sia in questo caso 13 metri sotto il livello ordinario del mare.

806. Il Frisi nota che: « In quella memorabil tempesta ch'ebbe il sig. cavalier Emo sulle coste del Portogallo, e in cui fece singolarmente brillare tutt' i suoi talenti marittimi, dopo di essere cessato il vento, era ancora così grande la furia delle onde, che per vari giorni non fu possibile di accostarsi coi piccoli legni alla spiaggia, si ruppero le gomene di tre àncore della nave, e si corrose in parte la gomena della quarta ».

807. * C. Meldrum ha riunito più esempi nell'intendimento di provare che il moto ondulatorio può di molto precedere

. . . . . il vento che lo ha formato, e che esso moto può aver direzione ben differente di quella del vento che soffia in un dato sito.

808. * E Bourgois ha notato che « particolarmente nell'emisfero Sud, l'influenza dei venti polari freschi e regolari è manifestata *par la houle de S.O. qu'ils engendrent et qui se propage assez avant* nei mari aperti della zona torrida australe. *Cette houle règne sur toute la côte meridionale de Jave et sur la côte du Pérou jusq'au delà d'Arica.* » E non vi ha dubbio che in questi paraggi vi soffino altri venti di quelli polari.

Onde sottomarine

809. Così pure non è in ogni luogo necessario che il mare sia alla superficie ondulato per produrre fenomeni notabilissimi, e però lo stesso Leonardo, che tutto ha veduto, ci ha detto: « l'impressioni de' moti fatti dall' acqua infra acqua sono più permanenti che l' impressioni che essa acqua fa infra l'aria. »

810. * Péron ha notato, alla Nuovolanda tra il capo *Buffon* e la baja di *Rivoli*, che nello spazio di più di quaranta miglia, esposto ai flutti dell'oceano Australe, *une lame terrible roule le long de son prolongement*, e fa udire, *même durant la calme, un bruit sourd et menaçant.*

811. Bremontier ha trovato delle pietre di 150 a 1200 libre *poussées de plusieurs pieds. La mer était assez belle.*

812. E Beautemps-Beaupré racconta ch' egli, mentr' era all'àncora in 4 metri di acqua sopra una testa di cieco scoglio isolato e con tempo calmo, si trovò in pericolo di vita per uno di questi fenomeni inaspettati: *La mer*, egli dice, *brisa trois fois sur ma péniche, et cela par un temps calme et dans un moment où aucune des roches le plus dangereuses de cette partie ne marquait.*

813. Generalmente queste onde sottomarine rendono veglianti le seccagne quantunque nascoste sotto il livello del mare, e così fanno da lontano e per lungo tempo avvertiti i naviganti del danno, cui anderebbero incontro: esse ne segnalano pur anche di quelle non pericolose, perché possono passarvi sopra bastimenti di ogni immersione senza tema di toccarvi. Molti esempi abbiamo di questo fenomeno; ed un certo numero

è già stato da me registrato negli antecedenti articoli terzo, quarto, quinto e sesto, e però qui ne aggiungerò uno soltanto.

814. Guéritaut, trovandosi nella latitudine di 5° 34′ S. e nella longitudine di 113° 8′ E. di Parigi, vide d'innanzi al suo bastimento *une certaine étendue d'eau decolorée comme elle l'est ordinairement sur un haut-fond, ... l' eau était plus en mouvement dans cette partie que par-tout ailleurs*. Egli stimò che sopra cotesto banco non vi potesse esser *plus de deux ou trois brasses d'eau*: nulladimeno dopo ripetuti scandagli verificò che il minor fondo ivi esistente era *non moins de quarante-deux à quarante-huit brasses* (m. 70 a 80).

815. Simile fenomeno, se ho bene inteso, dovrebbe essere l'onda di fondo senza vento del Meneghini: ma in ogni modo, a parer mio, ristretta in certi limiti.

816. Le dette onde sottomarine, o *lames sourdes* dei francesi, possono ancora sussistere quando alla superficie sia stata creata un' altra onda anche in direzione opposta, come ha notato Leonardo (201). Esse sono molto utili ai naviganti in casi di prossime secche cieche, quando queste esistono in mare aperto (538).

817. Vi hanno pure delle ondulazioni sottomarine che, come ci avvertiva già il Montanari, *sono originate dal fondo stesso del mare e non dai venti*. Egli, siccome ho rammentato, chiama questo fenomeno *esalazione del fondo*; ed io lo credo non di rado ripetuto, specialmente in fondi vulcanici: difatti Daussy ne ha raccolto quattordici esempi in un sol paraggio dell'Atlantico. Quivi, nella media latitudine di 0° 20′ S. e longitudine media di 22° O. di Parigi, dal 1747 al 1836, 14 bastimenti, che per caso e nel momento del fenomeno solcavano quel paraggio, risentirono sensibili effetti di esso fenomeno.

* « Questo paraggio è nuovamente tornato celebre, come nota A. de Humboldt, dopo la spedizione del brigantino *Dolphin*, comandata dal luogotenente Lee nel 1854. »

818. Molti altri esempi si trovano registrati nelle grandi opere di Maury e di Rodriguez, accaduti in ogni dove, e specialmente nella *regione vulcanica*, la cui potenza del fenomeno incomoda sempre i bastimenti ed è alcuna volta ad essi fatale; ma occupandomi io delle ondulazioni prodotte dal vento,

non entrano nel quadro delle mie ricerche quelle prodotte direttamente dal fondo del mare. Così non mi fermerò a trattare de' mascheretti, né parlerò *de' rulli* (dall' inglese *rollers* e *rouleaux* francese), fenomeni de' più imponenti per le onde gigantesche che sviluppano, perché anch'essi, per le loro eccezionali condizioni, escono dai limiti dello scopo prefissomi.

819. * Questi diversi fatti spiegano come una calma assoluta di mare in un lido e in una seccagna, esposte a largo mare, è cosa straordinaria: si può dire che una spiaggia ed un secco, nella condizione indicata, più o meno frangono sempre.

Marosi franti in vasto e profondo mare

820. * Registrerò ancora che i grandi marosi possono frangersi in alto e libero mare a similitudine di quello che accade in un fondo limitato. Eccone degli esempi.

* Cook notò : « *Les lames*, che s' innalzavano a grande altezza, *obscurcissaient toujours l' horizon en se brisant*, e noi non vedevamo ad un miglio intorno a noi. »

821. * Stavorinus scrisse : « *Des lames* , di una altezza enorme, *venaient se briser avec une violence incroyable contre le vaisseau*, e qualche volta *elles s'abattaient sur le tillac* ». Il Vascello era a tre ponti.

822. * E de Roquefeuil registrò. « *La mer s'élevait comme des montagnes* , formando delle onde *d' un développement immense*, ma bastantemente uniforme , ciò che le rendeva meno pericolose, *quoiqu'elles brisassent sur une étendue triple de la longueur du navire.* »

Istantanea formazione e trasformazione delle onde per forza di vento

823. * In conferma ed a maggior chiarezza di quanto ho accennato al num. 248 intorno alla sorprendente rapidità impiegata dal vento nel formare e trasformare le onde, qui aggiungerò che : Don Antonio de Ulloa, già ricordato, ebbe a notare: « Il vento cambiò dal N. all' O. con tanta sollecitudine , *que nous n' en fûmes avertis que par l' eau dont le Vaisseau fut inondé de l'avant à l' arrière , effet du tournoiement des flots causé par ce changement subit du vent*, ciò fece credere ai miei

ufficiali ed a coloro che erano di guardia *que le Vaisseau sombrait.* »

824. * Byron registrò: « Il tempo era *très-beau*, il vento saltò *tout d' un coup au S.O.* donde cominciò a soffiare *avec furie.* » Egli ordinò *sur le champ* che si ammainassero le gabbie, ma prima che questa sollecita manovra fosse eseguita, vide *la mer soulevée en d'énormes lames, près de fondre* sopra il suo bastimento.

825. * King ci dice: *La forte houle du N.E., qui nous avait fatigué constamment depuis notre départ de Lopatka, cessa alors, et prit tout-à-coup la direction du S.E.*

* Altrove: *Le vent passa à l'O., sans rien perdre de sa violence, et produisant tout-à-coup une houle dans une direction contraire à celle que nous avions éprouvée jusqu' ici, nos vaisseaux furent extrêmement tourmentés.*

826. * E Meyen racconta d' essersi trovato di notte e mentre godeva la più perfetta calma, all'àncora nel porto di *Copiapò*, allorché *par une brusque transition et coup de vent*, delle enormi *vagues sont venues soulever le vaisseau* ove egli si trovava, *et lui imprimer des secousses* si violenti che il movimento era insopportabile.

Calorico sviluppato dal mare per effetto del moto ondoso

827. * Nelle tempeste è tanto attivo ed arruffato il moto delle molecole dell' acqua, che la più elevata temperatura del mare, che in esse si sperimenta, è prodotta dall' agitazione e dallo stropiccío de' piccoli flutti che si arrovellano alla superficie delle onde e del mare, le cui particelle si riscaldano rotolandosi e spingendosi le une contro le altre.

828. * Phipps a questo proposito nota: « *Pendant que nous essuyions une violente raffale*, il 12 Settembre, il dottore Irving misurò la temperatura del mare in questo stato di oggi, ed egli trovò che essa *était beaucoup plus chaude que celle de l' atmosfphère.* Questa osservazione è tanto più importante in quanto che essa è conforme ad un passo *des questions naturelles de Plutarque*, ove è detto *que la mer devient plus chaude, lorsqu' elle est agitée par les flots.* Io credo che i moderni non abbiano posto attenzione a questa osservazione dell' antico

filosofo , o almeno non l' abbiano verificata con l' esperienza. »

829. * Horsburgh pensa che : « *Les mouvement des vagues élève la température de la mer, et c' est probablement le choc des lames et le frottement des molecules d' eau qui produisent cet effet.* »

830. * Lo Scoresby ha fatto notare che quando il mare non è agitato, i progressi della congelazione sono più rapidi ed il ghiaccio si aumenta dalla superficie inferiore.

831. * E Nairne ha riconosciuto che se l' acqua del mare fosse garantita da ogni agitazione, essa potrebbe scendere di più gradi sotto il termine di congelazione, e conservarsi tuttavía fluida. Parla di gradi presi sul centigrado ordinario.

832. * Péron non ammetterebbe uno sviluppamento assoluto di calorico; egli ha avvertito che la *température rélative des flots agités augment, mais leur température absolue diminue toujours.*

833. * Ma dopo le belle esperienze del Bianconi sul *calore prodotto per l' attrito fra fluidi e solidi*, e dopo quelle più complete e più dirette per il soggetto che tratto, *tra fluidi e fluidi*, del Joule, non vi può essere più dubbio alcuno su l'esistenza di questo fenomeno nelle onde. Questo ultimo autore tra i fatti di prova annovera quello del « *calore del mare dopo pochi giorni di tempo procelloso* (*the warmth of the sea after a few days of stormy weather*)..., lungamente e comunemente attribuito ad attrito fluido. »

Fenomeno del vento, che non so spiegare

834. * Il lettore rammenterà che il de Fleurieu, nel raccontare la calma di mare che trovò sul banco delle Cherchène nota pure che *le vent s'y faisait â peine sentir*, mentre fuori del banco egli si trovava *chargé par un coup de N.O.* Ed a questo racconto premette come dato positivo che *la mer et le vent* non *pénètrent jamais* sopra quel banco, *quelle que soit leur violence dans le canal de Malte et aux environs* (628).

* Anche nel banco di Terranuova egli avverte, *que le vent semble n'y pouvoir pénétrer* (627).

835. * E dal Roussin ho trovato registrato che *la brise de*

terre in Pernabucco (Brasile), *rarement franchit le récif où les brisants l'amortissent toujours.*

836. * Questo fenomeno, per me inesplicabile, vista la somma autorità dei due navigatori che l'hanno registrato, merita l'attenzione dei fisici.

Facilità con cui si modera il mare arruffato e la veemenza delle creste delle onde

837. * Abbiamo veduto l' azione moderatrice dell' olio gittato sulla superficie del mare irritato (244 e 250); ed io credo che il lettore sia informato dell'effetto prodotto dai *frangi-onde* galleggianti del Tayler, intorno ai quali molto si pubblicò dal 1840 in poi. Che se l'esperienze non hanno confermato in ogni parte l' uso che ne riprometteva l' autore di essi, come moli propriamente detti, è certo però che quelle stesse sperienze hanno provato che dei travi riuniti a forma di gabbioni moderano non poco l' impeto nella parte superiore delle onde.

838. * Ecco un altro fatto di simile natura.

* Molti battelli, leggo in Calver, sferrati dalla spiaggia da venti freschi, sono stati salvati con la loro gente ondeggiando sottovento a delle stanghe, remi ed altri pezzi di legname riuniti a graticolato (*by riding under the lee of their spars formed into a raft*); sul quale la cresta dell'onda cade ed esaurisce la sua forza, ponendo con ciò il battello legatovi colla sua barbetta, in relativa calma.

839. * E prima di questi fatti, Giulio Cesare opponeva ai flutti barconi quadrati, ancorati ai quattro cantoni; travate galleggianti e plutei graticolati.

* Dei graticolati di travi galleggianti, situati nei punti dei porti ove la risacca più si sviluppa, servono per smorsarne l' impeto. In questa guisa cessa di essere molesta ai bastimenti.

840. * La natura e forma del fondo del mare hanno anche esse notabile influenza per ammansire il moto ondulatorio.

* Gatier ci avverte a questo proposito che lungo il littorale al Nord della Cajenna, ove le acque sono *fangeuses*, il bastimento che vi naviga *y trouve toujours une mer unie et facile*: vi si può ancorare *par les plus mauvais temps.*

841. * Lartigue aggiunge, parlando di questo fenomeno,

che « il mare è sempre calmo sopra i banchi *de vase molle* ; l'acqua si trova sì mischiata con tanta quantità di fango, che essa acquista un gran peso specifico , *et que la lame ne peut jamais s' élever , quelque degré de force que le vent puisse acquérir.* Anche *les ras de marée . . . . ne sont pas sensibles sur ces bancs.* »

842. * E Stavorinus aveva già notato eguale fenomeno in una baja al Sud di *Cochim*, costa del Malabar, ove, per la natura fangosa del fondo, i bastimenti restano difesi dalle *grosses lames*, perchè esse *s'amortissent sur cette vase liquide.*

843. * Il Rodriguez osserva che nel banco *Paracel de Caraù*, da dieci miglia e mezzo al largo il fondo scema progressivamente da sei passi sino a due piedi e mezzo, « *ed è indubitatamente dovuto all' uniforme decrescere del suo pendio il non vedersi mai frangere il mare.* »

844. * Per la forma e natura del fondo nella rada del Portosàido la veemenza dei flutti è molto modificata, come hanno avvertito la Commissione internazionale pel taglio dell'istmo di Suez (104) ed il Guglielmotti (743).

845. * In tutte le rive di continuata e dolce inclinazione molto stese sottomare, si verifica il fenomeno del mare bonaccioso ; ed esso non è in contradizione coll'altro simile che pure si verifica nei vasti banchi con sponde a picco (625, 628, 643 e 644). Il primo si deve al fondo dolcemente inclinato, fangoso o arenoso, e senza alcun rialzo, che gradatamente consuma la potenza e la forma dell'onda ; il secondo si deve all' urto dell' onda nello scaglione del banco, la quale nel momento e nel luogo dell'urto s'irrita, ma consuma in parte la sua forza viva, e così si rende di mano in mano più mansueta nell' inoltrarsi che fa verso l' interno del banco medesimo. Nell' uno e nell'altro caso la residuale potenza dell'onda si sviluppa in flutto-corrente, e più attiva nel secondo che nel primo. Ma di ciò meglio a suo luogo.

846. * Le alghe ancora, per la loro flessibilità, sono efficaci domatrici dell'ira delle onde e dei cavalloni.

* Questo fenomeno venne già notato da Rutilio Numaziano, ed io non saprei meglio dipingerlo che servendomi del pennello di lui.

« *Mira loci facies pelago pulsatur aperto*
Inque omnes ventos littora nuda patent.
Non ullus tegitur per brachia tuta recessus
Æolias possit qui prohibere minas.
Sed procera suo praetexitur alga profundo
Molliter offensae non nocitura rati.
Et tamen insanas cedendo interligat undas
Nec sinit ex alto grande volumen agi. »

Eccezioni all'effetto della pioggia sulle onde

847. * Ai numeri 262 e 263 ho detto che la pioggia ammansisce la furia delle onde : questo fatto non è senza eccezione, ed eccone un esempio trasmessoci da Colombo.

* « *Detuveme quince dias en el* puerto de Retrete , *que asi le quiso el cruel tiempo* (*de mar*). *Llegado con cuatro leguas revino la tormenta , y me fatigó tanto á tanto que ya no sabia de mi parte. Allí se me refrescó del mal la llaga : nueve dias anduve perdido, sin esperanza da vida : ojos nunca vieron la mar tan alta fea y hecha espuma : el viento no era para ir adelante ni daba lugar para correr hacia algun cabo. Allí me detenia en aquella mar fecha sangre, herbiendo como caldera por gran fuego. El cielo jamas fue visto tan espantoso : un dia con la noche ardió como forno ; y así echaba la llama con los rayos , que todos creiamos que me habian de fundir los navios. En todo esto tiempo jamas cessó agua del cielo y no para decir que llovia , salvo que resegundaba otro diluvio. La gente estaba ya tan molida que deseaban la muerte para salir de tantos martirios. Los navios estaban sin anclas, abiertos y sin velas.* » *Voilà un tableau de tempête comme les donnent nos* romans maritimes ; *cependant,* soggiunge con verità e giustizia il de Humboldt, *le peintre n'était pas romancier. Ayant sillonné pendant plus de 40 ans les mers depuis les côtes de Guinée jusqu'en Islande et au Yucatan, il ne confondait pas un gros temps avec une véritable tempête.*

ARTICOLO DECIMOSECONDO

CONSIDERAZIONI GENERALI

848. Prima di andare più oltre, mi sia permesso esporre alcune considerazioni generali. La prima è che in circostanza di calma di vento e di onde non frante, utile cosa sarebbe osservare, in un fondo notabilmente ineguale, l' azione che si esercita sopra di esso; ripetendo più volte il saggio datocene da Bremontier (537), e notando in pari tempo ulteriori fenomeni. Queste osservazioni potranno essere anche utili, e più facilmente fatte, quando alla superficie sia mare calmo. Un osservatore, posto nella più favorevole situazione di *visibilità degli scogli*, nel modo di che meglio si dirà all' articolo coloramento dell'acqua del mare, credo che con sufficiente esattezza potrebbe prendere nota de' fenomeni che accadono nel fondo. L'uso dell'olio diminuirebbe di molto la difficoltà dell'osservazione quando soffia vento. L'apparecchio che servì a Edwards per esplorare nel fondo del mare e raccogliere in esso de' molluschi e de' zoofiti, potrebbe essere anche utile per le nostre ricerche. Sarà poi possibile aggiungere agli effetti de' fenomeni così ottenuti quel grado maggiore di potenza, ch' essi devono possedere quando il vento ed il mare agiscono contemporaneamente e sono in furore. I risultati ottenuti per queste vie saranno sempre preferibili a quelli dedotti da esperienze interamente artificiali.

849. Un'altra mia considerazione è, che posto un più diretto ed accurato studio sulla profondità massima cui può giungere l'agitazione de' marosi negli ordinari e straordinari fortunali, sull'azione di trasporto di essi e sulle loro direzioni relativamente a quelle de' littorali, si gioverà non solo alla nautica ed all' idraulica, ma pure alla geologia. Nel seguente articolo vedremo che gli scandagli lungo i lidi ed intorno alle isole hanno indicato un sedimento che il Targioni nomina *ghirlanda di terreno avventizio* e d'Archiac vorrebbe chiamare *zone des atterrissements*, oltre al quale sarebbe *l'abisso* de' pescatori del Marsigli o *l'alto mare*, più propriamente detto; mentre abisso io

chiamerei quelle massime profondità dell'Oceano di recente toccate dal piombino e dal Maury raccolte in una speciale carta del bacino settentrionale dell'Atlantico (*basin of the North Atlantic Ocean*).

850. La profondità che stabilisce la linea di termine, sufficientemente tracciata, tra il fondo sedimentoso e quello vergine, è di circa 300 metri: e siccome l'estensione in larghezza di tal ghirlanda si sviluppa in alcuni lidi per più decine di leghe anche in paraggi ove non può giungere veruna corrente torbida; così io opino che il moto di trasporto nella massa fluttuante e la profondità massima cui si comunica la sua agitazione, somministrano sufficiente spiegazione del fenomeno de' sedimenti di cui tratto. A me sembra dunque, che il limite ultimo di questi sedimenti possa essere quello dell'agitazione de' marosi quante volte non oltrepassi i 420 metri. Se oltrepassano questa profondità in paraggi esenti da corrente costante, d' uopo è ammettere la causa produttrice di essi nel solo trasporto di massa dovuto ai flutti alla superficie, perché quante volte l' ondulatorio movimento giungesse ancora attivo a metri 420, quella specie di conchiglie trovate col rastrello da Edovardo Forbes a queste profondità, non sarebbe stata fino al 1842 conosciuta soltanto in istato fossile: quell'agitazione avrebbe mostrato ai zoologi la esistenza di tali conchiglie, o intere o spezzate, o in un luogo o nell'altro, siccome è accaduto della *Pholadomya* che dopo un oragano fu trovata rigettata sopra la spiaggia in Tortola; solo esemplare vivo conosciuto, esistente nella collezione di W. J. Broderip.

851. Quindi io concludo da ciò, che, se da una parte la teoría del Poisson permette spiegare la *propagation du mouvement ondulatoire à toute profondeur*, come si esprime il de Tessan, dall'altra i fatti limiterebbero ad esso moto un'azione per noi sensibile, a circa 300 metri, e che oltre questo limite, secondo le mie presenti cognizioni, di poco valore attivo per le opere idrauliche e per l'esercizio della navigazione, può ritenersi il moto stesso.

ARTICOLO DECIMOTERZO

GHIRLANDE DI TERRENI AVVENTIZI

852. * A schiarimento od in appoggio delle qui sopra esposte considerazioni, che io stampava nel 1856, ne aggiungerò oggi delle altre e riporterò dei fatti, ai quali allora soltanto alludeva (849 e 850).

853. * Il Lieussou, nella seconda edizione della sua opera *Etudes sur les ports de l'Algérie*, pubblicata un anno dopo del libro che ora io ristampo, libro che, senza ritardo, ho fondato motivo di credere giunto nelle mani di lui, come segretario della società internazionale pel taglio dell' istmo di Suez, vi ha introdotto un articolo speciale su *Les ondes*, ove si legge :

* « *Les déformations des grandes ondes du large en approchant de la côte accusent une action contre le fond dont l' énergie augmente à mesure que la profondeur diminue , et qui tend à remuer et à soulever les matériaux meubles qui le tapissent ; ces matériaux, ainsi mobilisés, entraînés en tous sens au gré des courants divers , ne trouvant le repos que sur les points où la houle cesse de les soulever, subissent à la longue une sorte de triage ; ils se répartissent en définitive sur le fond par couches similaires , de telle sorte que les parties les plus grossières et les plus denses occupent les hauteurs, et les lieux agités, tandis que les parties les plus légères et les plus ténues occupent les profondeurs et les lieux abrités. On n'a qu' à jeter les yeux sur les cartes particulières des golfes et baies de l'Algérie, pour reconnaître que telle est en effet la répartition générale des alluvions sur le fond : ainsi , en partant du rivage , on rencontre successivement du sable identique à celui des plages, du sable plus fin , du sable vaseux et enfin de la vase. En dehors de tout abri , la zone de sable pur s' arrête aux profondeurs de 15 mètres; la zone de sable vaseux s'étend depuis 15 jusqu' à 30 mètres, et la zone de vase pure depuis 30 jusqu' à 150 mètres. On peut conclure de là que sur la côte d' Algérie les grandes ondes du large cessent de soulever le sable pur à 15 mètres , le sable vaseux à 30 mètres et la vase à 150 mètres.* »

854. * Io convengo pienamente con il Lieussou che il vagliamento e la distribuzione dei materiali, i quali formano la ghirlanda dei terreni avventizî lungo i lidi ed intorno ai banchi, si debbano all'azione delle onde; ma non convengo con lui nel limite che egli stabilisce ad essa azione sulle arene, e ciò neppure per la costa dell'Algeria, di cui egli parla. Ecco alcune prove in appoggio a quanto asserisco, che mi trovo sott'occhio.

* Nel *Plan des mouillages de Tabarque, levé et dressé en* 1853, gli scandagli giungono a 30 metri e segnano andantemente *rena soltanto.*

* Nell'altro *Plan du port de la Calle et de ses atterrages, levé et dressé* nello stesso anno, i detti scandagli indicano 43 metri, notando ivi scoglio e ghiaja, e portano la rena pura a 35 metri.

* Nel *Plan de mouillages de Stora et de Philippeville, levé en* 1850 i massimi scandagli danno 75 metri ed indicano conchiglie, e la rena è notata a 30, 35, 40, 45 e fino a 62 metri.

* Nel *Plan particulier du mouillage de Djidjèli, levé en* 1847, gli scandagli giungono a 30 metri con fondo di ghiaja, e danno *sable gris* a 25 metri.

* Nella *Carte particulière des mouillages de Bone, levée en* 1832 *et completée en* 1850, fuori del capo *de Garde*, nei metri 52, 57, 58 e 62 è marcato *arena.*

* Nell'altra *Carte particulière du golfe de Bougie, levée en* 1832 la sola rena è segnata a metri 30, 40 e pur anche a 71 metri.

* E per terminare, nel *Plan du mouillage de Mors-El-Kibir levé en* 1831 li scandagli massimi giungono fino a 83 metri e notano *arena soltanto*, e molti ve ne sono che superano i sessantacinque metri che sempre ripetono *arena.*

855. * Il che prova che *le grandi onde del largo cessano di sollevare le pure arene* nel Mediterraneo, ad una profondità molto e molto maggiore di quella di 15 metri, limite dal Lieussou stabilito.

* *Ce beau resultat*, dirò con Arago, *ne doit pas étonner. Plus on étudie de près les phénomènes natureles, plus ils acquièrent d' importance et de grandeur.*

856. * Passiamo ora nell'Oceano; e vedremo ovunque confermarsi il medesimo risultato, in analogía della vastità del mare, e dei venti regnanti; ma prima di entrarvi, citerò un altro esempio del Mediterraneo che incontriamo per via.

D'Urville a due miglia di distanza dall' isola *Alboran*, trovò che il piombino gli dette, in 55 passi (m. 89) di fondo, *gros sable mêlé de fragments de coquilles et de corail rouge.*

857. * *Je sondai*, scrisse Dampier, *et je trouvai*, in più punti nelle vicinanze *des Basses d' Abrohlo* (costa del Brasile) 45 *brasses* (m. 73) *d'eau, fond de gros sable et de petites coquilles blanches.*

* Ed altrove il medesimo navigatore trovò 55 e 56 *brasses* (m. 89, e 91) *fond de sable fin, de couleur pâle et bleuâtre.*

858. * In Prevost leggo la seguente nota desunta dalle osservazioni degl' Inglesi sulli scandagli da essi fatti lungo la costa *des Patagons.*

* A 36°. 52′ di lat. essi trovarono 60 passi (metri 110) d'acqua, *fond de sable fin, noir et gris.* Di là a 39.° 55′ ebbero in 50 a 80 passi (m. 92 a m. 146) lo stesso fondo. Tra questa ultima latitudine a 43°. 16′, *fond de sable fin gris* alla stessa profondità, eccettuate una o due volte ove ebbero 40 passi. In seguito, per trenta miglia, sempre 40 passi (m. 73) *fond de gros sable et de coquilles brisées.* In questo punto però essi erano alla vista di terra e ne distavano sette leghe. E costeggiandola a tanta prossimità da non aver più di dodici passi (m. 22), essi ebbero *toujours fond de petites pierres et de cailloux.*

* Il che prova che più si è prossimi alla riva, più i materiali, di cui è tappezzato il fondo, sono grossi.

859. * Frezier, presso l' isola di s. Caterina (Brasile) scandagliò *et on trouva*, egli dice, 90 *brasses* (m. 146) *d'eau fond mêlé de sable, vase et coquillage*: ed a due leghe e mezzo più all' *ouest* 80 *brasses* (m. 130) *même qualité de fond.*

* Il medesimo in 46.°50′ di lat. sud, ed in 58.°08′ long. O. trovò 85 *brasses* (m. 138) *fond de sable mêlé de gris et rougeâtre.*

* A cinque o sei leghe *près du Detroit du Maire* trovò 40 *brasses* (m. 65) *d'eau fond de cours, ou gros sable curé.*

860. * Nell'entrata del Canale della Manica, Ulloa ebbe 78 *brasses* (m. 129) *d'eau fond de sable fort menu et blanc.*

861. * De Verdun de la Crenne tra le lat. 25° 30′, e 24.°30′ nord, e le long. 17.°34′, e 18.°22′ est., in 50 *brasses* (m. 81), ha trovato delle *coquilles brisées, quelque corail, fort peu de sable*; in 52 *brasses* (m. 84) *sable gris, un peu gros, quelques coquilles cassées, grises et luisantes,* ed in 38 *brasses* (m. 62) *coquilles brisées, cornets, petits cailloux.*

862. * Byron in 41.°16′ sud, e long. 55.°17′ vide un cambiamento di colore nell' acqua ; il piombino in 140 passi non dette fondo. Il giorno dopo avvicinandosi alla costa *la sonde rapporta* 45 *brasses* (m. 82) *fond de sable rouge,* e il mattino appresso in 52 *brasses* (m. 95) *même fond.*

863. Il Carteret a circa un mezzo miglio dalla punta Carteret ebbe 60 *brasses* (m. 110) *fond de sable et de corail.*

864. * Furneaux, presso un capo della terra di *Van-Diemen,* trovò in 48 a 70 *brasses* (m. 88 a 128) *fond de sable et coquilles briseés,* a tre o quattro leghe dalla costa.

* Lo stesso Furneaux nella costa della Nuova Zelanda in 45 a 58 *brasses* (m. 82 a 106) di fondo, ebbe *sable et coquilles brisées.*

865. De Pagès, presso l' isola *De Réunion,* trovò a *cent-vingt-cinq brasses* (m. 203) *fond de sable noir, fin et mêlé de petits cailloux de la même couleur.*

* Il medesimo nel *banc des Aiguilles* in *cent brasses* (m. 162), ebbe *fond de sable fin et blanc; un peu vaseux et mêlé de coquillage.*

866. W. R. Brouchton , in vista della costa della Cina , nel paraggio di *Pedro-Blanco* ebbe 36 passi *fond de sable.* Il giorno dopo in 55 a 59 passi (m. 101 a 108) il piombino portò *fond de sable fin.*

867. * All'altura del porto di *Nambu* in 55 passi era fondo *de sable noir* (m. 101), e non molto dopo in 45 passi il fondo si componeva *de sable et de coquilles* ; ed al N. 40° O. del capo *Nambu, de sable et de cailloux* in 60 passi (m. 110).

868. * Crozet , a quattro o cinque leghe distante dalla terra d' *Espérance* ebbe fondo di 80 *brasses* (m. 130) e trovò *sable mêlé de corail.* A sei leghe scandagliò , ed ebbe anche

80 passi (m. 130) ma fondo di *sable fin mêlé de débris de coquillages.*

869. * Marchand, presso il banco *Macclesfield* in 65 *brasses* (m. 106) ebbe *fond de coquillages brisés , mêlés de petits graviers noirs et blancs.*

870. * De la Perouse, a otto leghe distante da terra presso il capo *Flallery* passò sopra un banco composto di due distinti strati, di sabbia e di ghiaia; *nous passâmes* , egli dice , *de 70 brasses* (m. 114) *fond de sable, à un fond de cailloux roulés de 40 brasses* (m. 65).

871. * Vancouer, in lat. 34.°51.′ nord e long. 115°12′E. *a 70 brasses* (m. 128) trovò *fond de sable blanc et de coquilles brisées.* A tre leghe da terra un poco più al nord trovò in 65 *brasses* (m. 119) *un fond de sable grossier et de coquilles brisées.*

872. * De Krusenstern in prossimità dell' isola di *Iakono-Sima* trovò il fondo *de sable gris* in 75 braccia (m. 137) *mêlé de taches noires et de fragmens de conquilles.*

873. * Presso il citato banco *Macclesfield* il piombino gli dette arena fina in 55 braccia ed ebbe a 65 *brasses* (m. 119) *fond de sable et de coquillage.*

* E trovandosi ne' paraggi del meridiano del capo *des Aiguilles* ci dice : *Nous remarquâmes un changement dans la couleur de l' eau. La sonde rapporta* 80 *brasses* (m. 146) *fond de sable fin gris.*

874. * De Roquefeuil in lat. 49°.03′. S. e long. 66°.30′ O. ebbe fondo, a trenta leghe dalla costa per 72 *brasses* (m. 117), *sable gris fin.*

875. * De Freycinet scandagliò in lat. 22°. 39′ S e 42° long. O. di Parigi senza trovare fondo a 120 braccia; ma poco dopo *la mer ayant subitement changé de couleur, on sonda de nouveau et l'on trouva fond de sable gris par* 45 *brasses* (m. 73).

876. * Dillon , al largo del canale di *Dentrecasteaux* , ha trovato *par* 52 *brasses* (m. 84) *fond de sable.*

877. * Duperrey, presso l' isola Conti , *ou de la Soledad* (isole *Malouines*) a sei o otto miglia dalla costa trovò *successivement* 60, 65 *et* 86 *brasses* (m. 97, 106, e 131) , *fond de gravier gris et de fragments de coquilles.*

878. * D'Urville presso la terra dei capi *Leuwin et Hamelin* in ottanta passi (m. 130) ebbe fondo di *corail rougeâtre et gros sable brun.*

879. * Fra il promontorio *Wilson* ed il capo *Howe*; *La sonde a indiqué* allo stesso navigatore 175 *brasses* (m. 284) *de fond, sable fin et vaseux.*

* Lo stesso ci dice: Abbiamo *rencontré le fond* con una sagola *de* 120 *brasses* (195 metri), ed il piombino *a rapporté du sable vasard, de la glaisse et des débris de coquilles.* Noi dovevamo essere allora *à* 105 *milles des terres du cap Latouche.*

* Il medesimo trovò 100 *brasses* (m. 162) *fond de sable et débris de coquillages à* 30 *lieues de la côte.*

880. * Bouët Willaumez ci avverte che a sette leghe all'ovest della terra al Nord di San Luigi (*Sénégal*) *la sonde accuse de* 72 *de* 110 *à* 120 *mètres de sable gris.*

881. * Al signor di Bougainville, figlio, lo scandaglio nei paraggi dalla *Cochinchine*, dette *du sable fin par un brassiage* di metri 117.

882. * Nell'importantissimo giornale di questo navigatore trovo registrato quanto appresso.

* « Nella costa *au large de la Terre-de-Feu*, li scandagli si estendono sino a trenta miglia a mare: da dieci fino a venti miglia dalla costa, *le brassiage varie de* 69 *à* 225 *brasses*, (m. 112 a 365) *et le fond est presque partout de sable fin, blanc ou piqué.* »

* Dunque l' azione delle onde si estenderebbe in quella costa sino all'indicata profondità e distanza. E che sia così si può desumere ancora da una giudiziosa osservazione riferita dallo stesso de Bougainville.

883. * « Avvi lungo tutta questa costa, egli dice, *un banc de sondes* (antecordone di basso fondo) *qui s'étend à vingt et trente milles au large et paraît avoir été formé par l'action continuelle de la mer, entraînant sans cesse le sable du rivage.* Tra le isole, *où le ressac et la houle* si fanno appena sentire, *le brassiage est moins considérable, et le fond est très-régulier.* »

* Queste istesse osservazioni aveva già fatte il Fitz-Roy e dal de Villeneuve-Bargemont confermate e voltate dall' inglese in francese. Il che conferma il ben noto modo usato

dalla natura nella formazione degli antecordoni o corde di bassi e dei cordoni littorali.

884. * Peacock ha trovato fondo di *grossa rena* in 94 braccia (m. 172) a 14 miglia all'Ovest della punta Bacellino (presso Valparaiso, Chilì).

885. * Leggo in J. Horsburgh : *A' huit heures du matin, l'eau avait encore paru plus décolorée ; à midi , on sonda en mettant en panne, et l'on trouva* 88 *brasses* (m. 161) *d'eau , fond de sable fin mêlé de taches rouges et noires ; il y avait probablement moins d'eau à huit heures du matin, mais on ne sonda pas alors.* Egli parla del banco del *Canning*.

* Il medesimo registra che a 15 leghe al Sud del capo *Voltas*, *un chagement de couleur de l'eau* obbligò a scandagliare e si trovò fondo di sabbia fino in 174 e 210 metri.

* Lo stesso in altro luogo rinvenne in 150 metri fondo di *coquilles et sable gris* (616).

886. * Du Petit-Thouars, presso l'isola del *Creston*, cioè 18 o 20 miglia da terra, trovò 80 passi (m. 130) di acqua, *fond de vase verdâtre, flottante, mêlée de qualques coquillages brisés.*

887. * Eugenio Rodriguez , già molte volte rammentato, ha scritto :

* « Due miglia a levante degl' isolotti *Castillos* le profondità pervengono a 13 passi e mezzo sopra fondi sabbiosi, e sul loro parallelo di 34.° 24.'S., alla distanza di 100 miglia a 48 passi (m. 78) domina ancora nella specie del fondo la *sabbia.*

* « La zona generale de'fondi che circuiscono l' isola di *Flores* serba nel suo contorno esterno quasi la medesima forma; solo verso tramontana vi si osserva una punta abbastanza estesa, dove è precisamente la sua massima ampiezza.

* « Dalle profondità di 180 passi (m. 292) che si rinvengono a 5 miglia sul meridiano della punta Delgada, i fondi vanno gradatamente scemando fino a questa punta in prossimità della quale si scandagliano 19 passi d'acqua (m. 31).

* « Questa osservazione può farsi per tutto il resto della zona de' fondi , considerandola dal suo margine esterno a progredire verso la costa; la sola differenza che vi si rimarchi è che i fondi scemano più o meno rapidamente in ragione della maggiore o minore ampiezza della zona medesima.

* « Sulla costa di Levante di *Flores* la larghezza media della zona de' fondi portasi a due miglia , al quale estremo le acque pervengono giusto sul suo limite esterno a 96 passi (m. 146), e la specie del fondo osservasi in generale uniforme, cioè *di sabbia*, o sabbia mista a corallo, e solo verso tramontana la sabbia si presenta in qualche punto cosparsa di conchiglie.

* « Al Sud sul parallelo della punta di *Lagens* la zona de' fondi restringendosi nel suo margine non s' incontra più larga d' un miglio e due terzi ; se non che prende verso il limite esterno la direzione d'O. 10°S. e così corre, in modo che possa la punta *Ilheos* a tre miglia e cinque sesti , limite sul quale la natura del fondo è per ogni dove *sabbioso* . . . »

* « Verso il S.E., segue il Rodriguez, dalla punta *Carapacho* (isola Graziosa) la zona dei fondi forma una lingua sufficientemente stretta , il cui limite trovasi a due miglia e un terzo dall' isolotto *Baixio*, i fondi vi s' incontrano di 180 passi (m. 282) per strati di *sabbia*, e qualche volta di rocce. A due terzi di miglio dell' isolotto medesimo verso il S.E. si trovano 72 passi (m. 117) e ad un sesto di miglio 22 e mezzo per strati di *sabbia* , ed in parte di rocce e corallo.

* « Il margine esterno della zona generale risale in seguito due miglia al Nord , e quindi volge verso l' O.N.O. approssimandosi alla costa orientale dell' isola , di guisa che sul parallelo della punta *Dos-Fanaes* non si distacca dalla costa che un miglio, al quale limite lo scandaglio riporta profondità di 240 passi (metri 390), scemando quindi rapidamente a 23 (metri 38) ch' è il fondo che trovasi un sesto di miglio dalla punta, osservandovisi gli strati *sabbiosi*, ed in parte anche rocciosi. Da questa punta il margine esterno risale al Nord , in modo da presentare sul parallelo *Da-Praya* nuovamente l' ampiezza di due miglia, e di tre e tre quarti su quella di *Ferreira*. La natura generale de' fondi in questo limite è di sabbia ; la diminuzione però de' fondi procedendo dal limite esterno verso la terra è lungi dall'essere regolare, sopratutto poi a piccola distanza da terra dopo lasciati i fondi di 25 a 30 passi (m. 41 a 49).

* « Dal parallelo di *Santa-Cruz* il margine esterno della zona de' fondi prende la direzione d'O.25.°N. passando al N.O. della punta *Pico-Negro* a tre miglia e due terzi; a siffatta distanza lo scandaglio accusa profondità di 207 passi (m. 336) per strati di *sabbia*, ed in qualche parte ghiaja; in questo tratto lo scemare de' fondi presenta sufficiente gradazione fino alla costa, e così esperimentasi in tutta la parte N.O. dell'isola, di guisa che a due miglia e mezzo di distanza da terra si scandagliano 79 passi, (m. 128), 54 (m. 88) ad un miglio e mezzo, 36 (m. 58) ad un miglio, ed a maggior vicinanza poi lo scandaglio ritorna irregolare. La natura del fondo è qualche volta di *sabbia*, ma in generale di strati rocciosi, e più raramente in questa parte di ghiaja. »

888. * De Kerhallet ci avverte che « lungo tutta la costa occidentale dell' Africa, dal capo *Spartel* sino al capo di Buonasperanza, una cintura di scandagli, il cui fondo *dominant est sable*, si estende generalmente a 20 miglia al largo, 10 *milles parfois*, e, per eccezione, *jusqu' à* 130 *milles*. Si trovano in questo limite, *les fonds de* 160 *à* 180 *mètres*.

* « Questa cintura sembra destinata a proteggere la riva *contre le choc incessant des lames, peut-être il a été formé successivement par elles....*» Su di che io non ho dubbio alcuno.

889. * La presente lunga serie di esempi potrebbe molto estendersi ancora, ma credo bastante il numero di quelli qui raccolti a sostegno della emessa considerazione (849) e della conclusione che da essa io trassi otto anni or sono (851).

* Difatto, come ognuno facilmente intende, essi possono moltiplicarsi su tutti i punti dei lidi, ove il mare attivamente agisce. Si può dire che tutte le spiaggie e tutte le coste sono fornite di ghirlanda di terreni avventizi.

890. * Ritenendo con il Lieussou che il limite delle arene sia il limite ultimo dell'azione delle onde sotto la superficie del mare, quantunque per me non sia che il limite di notabile azione, abbiamo veduto che nell' Oceano questo limite scende ad una profondità maggiore che nel Mediterraneo, e ciò accade in forza della naturale maggiore potenza delle onde in più vasto e più profondo mare. E queste profondità di azione positiva delle onde sulle arene, coincidono con quelle trovate per

altre vie negli antecedenti articoli. Un fatto è appoggiato dall'altro.

* Dai raccolti esempi, si può desumere altresì che le onde alle indicate profondità non solo vagliano i materiali, ma li triturano ancora. Tutte quelle conchiglie spezzate e frantumate, portate alla superficie dai piombini delli scandagli, non sono lavoro delle correnti: i soli flutti quivi martellano. E la pressione che le correnti ivi stesso potessero esercitare non potrebbe esser mai tale da produrre quel trituramento. E se le correnti, che conosciamo defluire lungo i lidi, hanno forza da convogliare le conchiglie, non ne hanno tanta da spezzarle e triturarle; meno in qualche caso eccezionale, il che non inferma punto la mia argomentazione. Per me, quando anche non vi fosse altro modo di provare attiva l'azione delle onde nelle ripetute profondità, questo solo della distribuzione e del macinamento dei materiali che costituiscono le ghirlande dei terreni avventizî, sarebbe sufficiente.

891. * Le sopra indicate profondità ed interrimenti, se si considerano come divenuti approssimativamente invariabili, rappresenteranno uno stato di equilibrio tra la resistenza del suolo sottomarino e la potenza dell' azione dei flutti del luogo in quelle profondità; « di modo che, dirò con le parole del Keller dettate nelle sue Note sull'*Origine des bancs du Détroit*, se una di queste forze è cognita, essa dà la misura dell'altra. » Ed il lettore, se si armerà di pazienza, troverà nel presente mio libro gli elementi del calcolo per dimostrare la giustezza del giudizio del Keller.

* Questo ragionamento vuole che rinnovati sieno quei materiali che sono dai marosi zappati sino ad oltre dugento metri di profondità, e dal lavorío di essi logorati lungo il contrastato tragìtto sino alla riva e nel ritorno da questa; lavorío che porta a necessarie, rilevanti e costanti perdite. Di tal fatta sono le più tenui particelle di materie seminate anche a gran distanza dalla battigia nell' abisso del mare, quei materiali meno triturati che dai flutti sono spinti e trascinati verso la riva direttamente e lungh'essa a sottovento, quelli di più o meno volume che i frangenti rotolano e gettano sulla riva stessa e quelli

infine più minuti che, lasciati all'asciutto, il vento spinge, sospende, ne forma dune, lande o disperde.

892. * Ed il voluto rinnovamento di materiali, sottoposti al lavoro incessante dei marosi, dei flutti e dei frangenti, non manca in natura. Nella stessa guisa che, secondo l'espressione usata dal de Beaumont, tra il suolo e l'atmosfera, *qui apporte et emporte de la poussière*, vi è un *compte courant*, così un conto corrente deve essere aperto tra il suolo sottomarino ed il mare. Come siano regolate queste ragioni di entrata e di uscita discorrerò in seguito. E quand'anche il *come*, che io allora esporrò, non persuadesse per ogni partita, dirò con il Secchi *che a me basta sapere che così va il fatto*, cioè che è una verità incontrastabile la presenza e la permanenza delle ghirlande dei terreni avventizî, che sono incontrastabili pure gl' indicati sparpagliamenti e le accennate sottrazioni dei materiali, di cui si costituiscono quelle ghirlande, e che però debbano esistere gli agenti fisici che li rinnovino. In questa investigazione incontrerò certamente delle difficoltà; pur tuttavía credo di poter dir coll'Ariosto:

Ma mi par di veder, ma veggo certo
Veggo la terra, e veggo il lito aperto.

Ed il lettore giudicherà, a suo luogo, se mi sono illuso. Per ora passo all'ultimo articolo di questo capo.

ARTICOLO DECIMOQUARTO

COLORAMENTO DELL'ACQUA DEL MARE

893. * Dopo quanto abbiamo letto negli articoli terzo e quinto di questo capitolo, intorno alla profondità cui giunge la potenza attiva delle onde nell'Oceano in modo a noi sensibile, sembrerebbe dover esser essaurito il numero delle prove. Nondimeno, percorso un certo tratto sott' acqua per la via da noi già battuta, si può giungere allo stesso limite di dugento metri per altro cammino. E siccome molte possono essere le vie che conducono ad una verità, così anche per quella di cui io tratto ve ne debbono essere più di una.

894. * « Lo studio dei colori del mare, leggo in Arago, ha esercitata la sagacità di gran numero di dotti e di navigatori, *sans qu'on puisse dire que le problème soit résolu.* »

895. * Io qui non intendo di parlare di quelle acque colorate, la tinta delle quali ha ben altra causa che il moto ondoso del mare, come per esempio di quelle lunghe fasce verdi, di quelle zone lattiginose, o di quelle rosse che i bastimenti incontrano in differenti regioni anche in *altissimo mare*: la causa di queste diverse tinte alla superficie del mare oggi è nota: esse dipendono dalla presenza di miriadi di animaletti di colori diversi. Su questo fenomeno si è molto scritto e molto esperimentato, ed esso è di tal ordine, che non è mio intendimento qui ragionarne.

* Così per lo stesso motivo non mi fermerò sul coloramento del mare, ove scaricano dei grandi fiumi: le materie che compongono questa tinta delle acque in tai siti possono essere tenute in collo e convogliate, a molte leghe dalla foce, dalla corrente del fiume stesso favorita anche da quelle littorali, ed essere il prodotto delle torbide del fiume soltanto; mentre il fondo del mare ed il moto ondoso non è necessario che vi abbiano parte.

896. * Mio scopo adunque è quello di mostrare che il moto ondoso può intorbidare l'acqua, e, ciò che è più, di persuadere che esso può a noi manifestare, con il coloramento delle acque, la tinta e la natura del fondo, quando anche questo disti oltre i dugento metri sotto la superficie del mare.

897. * Come si fa fin qui opposizione nell'ammettere che l' irregolare e particolare moto del mare alla superficie sia l'effetto dell' urto nel fondo della base delle onde a notabili profondità di acqua, giacché si vuole che il moto ondoso cessi di essere *sensibile* sul fondo a non più di otto o dieci metri sotto la superficie (523 e 729); così si è ancora in oggi restî a convenire che il cambiamento di colore dell' acqua molto al di là di questa profondità abbia per causa lo stesso urto dell'onda nel fondo del mare. Del pari che ho mostrato ingiusta la prima parte di questa opposizione (dal 522 al 654, dal 731 al 784 e dal 853 al 889), ora intendo di mostrare ingiusta la seconda, seguendo anche nella presente dimostrazione

l' abbracciato metodo, quello cioè di condurre gradatamente il lettore dal poco al molto, ossia dall'ammesso al contrastato.

898. * Il de Chabert, mentre era nel paraggio dell' isola *de Sable* per la qual faceva rotta, essendosi cambiato il vento con apparenze di cattivo tempo, e volendo allontanarsene, faceva questo ragionamento e citava i seguenti fatti:

* « Considerando che oltre alla estrema agitazione *de la mer aux environs de cette isle, elle est alors chargée de beaucoup de sable qu' elle a soulevé du fond : plusieurs vaisseaux dans lesquels les lames en ont jeté en se déployant établissent le fait*, ed ognuno facilmente si persuade che l'azione delle acque, *qui souvent a pû seule crever des bâtimens, devient plus violent par le mélange de ces particules solides.* »

899. * Abbiamo veduto che Bougainville (padre), navigando nell'Oceano tra un mare agitato, ricevette a bordo dei *Cornets*, della rena e delle alghe; oggetti tutti zappati dal fondo del mare dai flutti (597).

* Abbiamo veduto ancora che il de Fleurieu dà per cosa notoria che i bastimenti, lontani da qualunque terra, ricevono alcune volte dei colpi di mare che cuoprono i loro ponti di rena, di ghiaja e di ciottoli *d'un assez gros volume* (630).

* Pure nel Mediterraneo abbiamo veduto che sul banco della Caccia, posto a non meno di 23 metri sotto la superficie, il mare è corto e duro, *l'acqua è colorata e le arene* sono dal moto ondoso zappate in quella profondità *e lanciate sopra il bordo* anche dei più grandi bastimenti (647).

* Così pure si è veduto che nel mare della Manica, il quale deve annoverarsi per la profondità ed estensione tra i mediterranei (708), in 28 metri circa l'acqua è spesso impregnata de' detriti di quel fondo per la stessa causa (740).

* Così ho già registrato che per questa sola causa, con onde di un quarto circa dell'altezza massima misurata nel Mediterraneo ed in un solo giorno di tempo, s' intorbidano manifestamente le acque presso il porto di Civitavecchia in 30 metri di profondità (741).

* E si è notata anche la quantità di materia contenuta in quei flutti nelle spiagge sottili (742 e 743).

900. Il de la Beche avverte che « l'acqua è torbida nella

maggior parte delle spiagge *per l' azione dei flutti sulle arene e sulle melme*; e quest' azione capace di portare i *detriti fino alla superficie*, si comunica oltre i 27 metri di profondità, specialmente allorquando la tempesta dura da più ore (41). »

* Il Collegno può dirsi di questo istesso avviso (158).

* Ma dagli esposti fatti ognuno sarà già persuaso che questa profondità è di molto oltrepassata, tanto più nei lidi esposti al libero Oceano se, come è certo, nel Mediterraneo il flutto prende la rena in 23 metri sott' acqua, la porta alla superficie e la getta a più metri di altezza sopra di essa (647).

901. * E di questi fatti non possono essere causa le correnti propriamente dette, e però essi ci fanno strada ad ammettere che i marosi, se in profondità maggiori non hanno più forza di portare alla superficie del mare materiali pesanti come i sopra notati, hanno tuttavía potenza d' intorbidare ivi l'acqua con materie più leggiere.

902. L' esperienze ci fanno sicuri che il cambiamento del colore del mare ad una distanza più o meno grande dal lido, secondo la profondità delle acque, la natura del fondo, l' estensione del mare, la durata del moto ondoso e l' intervallo di tempo tra una tempesta e l'altra, si debba all'azione dei flutti non delle correnti, quantunque queste abbiano rilevante velocità: le quali due cause non vanno mai fra esse confuse. — In questo stesso scritto avrò l'opportunità di mostrare sino all'ultima evidenza la verità di quanto asserisco. —

903. Se in tempi considerati di calma la tinta torbida del mare, che determina il limite del movimento ondoso delle acque dalla superficie sino al fondo e dal fondo sino alla superficie, occupa per esempio un miglio, non deve credersi esagerato che in tempo di tempesta, e di più giorni di durata, questa zona si allarghi di venti e più miglia nelle spiaggie sottili. Di fatti, le dette acque torbide sono a noi segnali di vicina terra, e prendiamo le precauzioni necessarie, quantunque non si veda.

904. Frissard osserva, che se il capitano della Medusa avesse posto mente all'avviso di questi fenomeni, il funestissimo naufragio di quella fregata non sarebbe accaduto.

905. * Bérard, nella campagna del 1842 al 1846, ha raccolto dei risultati intorno a questo soggetto, dai quali si desume

che : « *On estime, terme moyen, que c'est à 15 milles de distance que le changement* (di colore) *s'opère.* » Avendo però sempre in considerazione, aggiungo io, le condizioni da me accennate al num. 907.

906. « L'osservazione del mare profondissimo imbrattato di arena o melma, nota lo Sponzilli, fu fatta dal Colombo nel suo terzo viaggio. » Dopo di Lui, eguale osservazione è stata emessa da molti altri che hanno traversato gli oceani ed i mediterranei.

907. * Il de Tessan, trovandosi in lat. 13°.50'S. e long. 79°.01'O., notò nell'acqua del mare *une couleur extraordinaire.* La sua tinta era divenuta *d'un vert-olive foncé.* Scandagliò ed il piombino gli dette 211 metri di fondo e portò su *de la vase ayant cette même couleur,* ma di tinta un poco più chiara..... Anche l'acqua della superficie conteneva questa polvere verde in sospensione, *car,* egli ci dice, *la coque du bâtiment, à la hauteur de la flottaison, en a été recouverte d'une couche mince.* E *c'est evidemment à cette matière,* egli nota ancora, *que la mer doit ici sa coloration en vert-olive foncé.*

908.* In fine questo autore aggiunse la seguente osservazione:

* « *La permanence de cette coloration de la mer dans ces parages,* malgrado la forte corrente *de masse qui emporte constamment* tutta l'acqua verso il Nord, *est un fait curieux.* »

* Osservazione è questa che può cadere in acconcio anche sulle materie, che costantemente colorano l'acqua sopra il banco dell'*Agullas,* ad onta della corrente verso l'Ovest, che in quel paraggio regna. Ammesso che il moto ondoso, siccome io ammetto, zappi e sospenda le materie di cui sono costituiti quei fondi e colorate quell'acque, la permanenza di quel coloramento si spiega con la quasi costante azione di quel moto.

909. * Il Labaste, il 6 aprile 1863, governava secondo la stima per cercare un ricovero nel porto di *Akaroa, lorsqu'à six heures du soir,* il bastimento si trovò *au milieu de göemons en dérive, et la couleur de l'eau changeant ;* fece gittare il piombino, *qui marqua 117 mètres d'eau,* poi mise al traverso per passare la notte.

* Lo scandaglio fu usato bastantemente spesso, *et accusa*

toujours la même profondeur fino a tre ore del mattino, giacché di poi non ebbe più fondo con una sagola di doppia lunghezza. Per 12 miglia di strada il piombino aveva toccato il fondo.

* In questo esempio non abbiamo, come in quello surriferito dal de Tessan, un saggio della materia che, alla superficie, componeva il coloramento notato dal Labaste, e però si potrebbe da taluno credere un effetto di ottica: ma se poniamo mente all'ora (sei ore pom.), alla data (6 aprile) ed al luogo ove fu veduto (all'Est della Nuovazelanda e fuori della vista di terra), allo stato del mare ed a quello del cielo, che solo la mattina susseguente si era *un peu éclairci*, dobbiamo per necessità ammettere che il coloramento di cui è questione, era un reale intorbidamento di acqua dovuto ai marosi. Questo banco non si conosceva.

910. * Dal n. 642 si desume che due sono i precipui indizî che ci manifestano in mare l'esistenza dei banchi e la prossimità di una non ancora visibile terra; il moto particolare dell'onda alla superficie ed il cambiamento di colore nell' acqua. — Non entra nel mio quadro trattare dell'avviso di un vicino pericolo che può, in certi casi, desumersi dall'uso del termometro, ossia dalla pratica della navigazione termometrica; ho detto in certi casi, giacché *serait imprudent de se fier en tous lieux au thermomètre pour l'annonce des terres et des hauts fonds*, siccome saggiamente fa notare il de Tessan. —

911. * Dopo quanto abbiamo veduto fin qui, compresi gli antecedenti articoli terzo, quarto, quinto, sesto, nono e decimoterzo, intorno alla profondità cui può giungere attiva e sensibile l'azione dei marosi, e dopo la indicata conclusione che io ne ho dovuto dedurre, quella cioè che a dugento metri l'onda agisce ancora con molta forza sul fondo dell'Oceano, credo che sarà facile ad ognuno il rendersi conto anche del fenomeno di cui qui tratto, giacché, ammesso che a quella profondità il maroso conservi tuttavía l' indicata forza, si deve ammettere ancora che possa smuovere i materiali ed intorbidare l' acqua molto al disopra del fondo del mare e talvolta anche sino alla superficie. Pur nondimeno è pregio dell' opera riprodurre un passo dettato dall'Arago precisamente su questo medesimo

coloramento proveniente dalla stessa profondità, in una parola sull' identico fenomeno *dont*, a di lui credere, *on ne se rend pas aussi facilement compte*, come degli altri qui sopra e sotto annoverati.

* « Dei navigatori rapportano, egli dice, che giungendo dal pieno mare sopra il banco *des Agullas*, il colore dell'acqua passa *subitement de la teinte bleue à la teinte verdâtre. Cependant, sur le banc même la mer a* 200 *mètres de profondeur*. Bisognerebbe dunque accordare, *pour appliquer ici le système d'explication précédent* (cioè quello di riflessione del colore del fondo in acque trasparenti) *que la lumière solaire*, dopo aver penetrato una profondità di liquido di 200 metri, ha tuttavía conservato abbastanza d' intensità acciocché, dopo di essersi indebolita prima per la sua incidenza sopra la rena e poscia per il ritorno a traverso 200 metri d'acqua, *elle soit encore capable d'altérer par son mélange la teinte naturelle de la surface. Ceci paraît difficile à admettre.* »

* Ed egli è certamente molto difficile, per non dire impossibile, di accettare per buona una spiegazione che in questo caso si basasse soltanto sulle leggi dell'ottica. Tanto meno sarà poi essa ammessibile se si riflette che vi è l'altra più naturale e più dimostrata, quella cioè che discende dal moto ondoso del mare.

912. * In oltre si deve notare con Horsburgh che, per regola generale, il fondo del mare si vede meglio quando *il cielo è puro, il sole brillante, e quest'astro abbia un'altezza considerabile*; e che d'altra parte, secondo Arago, è presumibile che soltanto lo stato più o meno vaporoso dell'atmosfera *a quelque influence sur la teinte que la mer paraît avoir*. Tuttavía l' indicato coloramento di acqua è visibile sopra quel banco in qualunque stato dell'atmosfera, e sappiamo che ben di rado il cielo è ivi sereno; quindi spesse volte i raggi solari devono, prima di giungere alla superficie di quel tratto di mare, traversare il folto manto di nuvole che generalmente cuopre quel tempestoso paraggio.

913. * Il Fitz-Roy, parlando dei fenomeni marini ed atmosferici che sono riuniti ed in azione in questa parte del mondo conclude: « Tutte queste cause contribuiscono a

confermare il nome, *che non è punto esagerato*, di *El-Çabo-Tormentoso*, dato a questo promontorio dai primi navigatori.»

* E fra questi il nostro Pigafetta lo qualificò *terribile*.

914. * Egli è a tutti noto quanto le nuvole possano diminuire d' intensità la luce del sole, ma forse non è a tutti ugualmente noto a quale differente distanza possano vedersi due eguali oggetti immersi nell'acqua, uno all'ombra dei raggi solari e l'altro esposto direttamente ad essi raggi. Eccone un esempio del nostro Marsigli.

915. * « In quei luoghi ove i raggi solari *étaient couverts par des rochers, ayant suspendu à l' hameçon des poissons de couleur rouge apellez Saran, je commençais à les voir, à la seule profondeur de sept brasses* (11^{m},40) *quoi que je les eusses pris à celle de trente* (48^{m}, 70); *et dans l'eau le rouge de ce poisson, et la couleur minime de la corde devenaient blancs. Dans les autres situations, où la mer était exposée au soleil, je distinguais des poissons de même couleur, et grandeur, suspendus aussi à l' hameçon, à un fond de onze brasses* (18 metri); *c'est-à-dire, à la moitié plus de profondeur qu'aux autres endroits, où l' eau n' était pas percée par les rayons du soleil.* »

916. * Unendo ora la riflessione dell' Arago (911) all' altra da me aggiunta appoggiata all' esperienza comune (914), unendo questa particolare esperienza fatta dal Marsigli alle altre eseguite dal De' Marchi e dal Halley, delle quali parlerò fra poco, e considerando la natura del sito (912 e 913), io resto intimamente convinto che il coloramento dell'acqua di cui tratto non può essere un semplice giuoco di ottica.

* Ma il dirmi convinto non basta. Vediamo se la difficoltà accennata dall' Arago per ammettere cotesto fenomeno come effetto di ottica, vediamo se il mio convincimento che lo esclude completamente; in una parola vediamo se quel coloramento dell' acqua del mare, il cui fondo è a 200 metri dalla superficie, sia tale da spiegarsi con le leggi dell'ottica.

917. * Due vie, a parer mio, conducono con più sicurezza alla mèta: quella tracciata dall'esperienze indirette, e quella aperta dall'esperienze dirette, io le percorrerò entrambe. Ecco la prima.

* « Sotto la superficie dell'Oceano, leggo nella *Geografia*

fisica della Somerville, giace nascosto un mondo vegetativo, dissimile in tutto da quello sulla terra, ed esistente sotto condizioni affatto differenti in quanto a *luce*, calore e pressione, quantunque si sostenga cogli stessi mezzi....

* « La vegetazione marina varia orizzontalmente e verticalmente secondo la profondità, e sembra che vi sia una legge generale per tutto l'Oceano: cioè che laddove *non giunge la luce del Sole, cessa la vegetazione*; conseguentemente essa dipende dalla possanza del sole e dalla trasparenza dell'acqua. »

918. * Il de la Beche parlando nel 1853 della influenza della luce sulla vita marina, così si esprime per le piante.

* « Che la luce debba agire sulla vegetazione marina come sulla terrestre noi dobbiamo ammetterlo, essendo la luce del giorno importante sia all'una che all'altra, considerando il subbietto come un tutto (*the light of day being important as well to one as the other viewing the subject as a whole*). »

919. * Così pure il Poggioli ci aveva già detto, « che le piante poste allo scuro mostrano appetire in certo modo questo benefico agente, la luce; mentre le foglie ed i teneri ramoscelli piegavansi verso un foro od una apertura, che introduca nella loro abitazione anche un languido riflesso raggio del sole; che prive di luce illanguidiscono e muojono e che la vegetazione più sfoggiante è nelle linea equinoziale. »

920. * Ed il Carradori inoltre si era accorto « che la vegetazione si fa tisica e laboriosa, ovunque i lucidi fasci anzichè venir pieni ed indivisi cadono sulla pianta rotti e scomposti. »

921. * Dalla Somerville e dal de la Beche desumo poi che: « Nei mari britannici . . . l'ultima e la più profonda pianta *non si estende più sotto di* 360 *piedi* (m. 110); e nel Mediterraneo la pianta che dista maggiormente dalla superficie del mare *si trova a* 420 *e* 480 *piedi* (metri 128 e 156). »

922. * Nel mare Egeo Eduardo Forbes e lo Spratt rinvennero che la maggior profondità dove si trovano le alghe flessibili è di 300 piedi (metri 91) e che la *millepora polymorpha*, somigliante al corallo, scendeva a quella di 600 piedi (m. 183); « *nè più sotto*, essi dicono, *v'è traccia di vita vegetabile*, a meno che non si potessero riguardare come piante

alcuni corpi infusori minuti e microscopici che ivi esistono; » e che, io aggiungo, il Meneghini qualifica *di ancor dubbia natura.*

923.* Ammesso, per un momento, che laddove non giunga la luce del sole cessi la vegetazione, ed ammesso che non si trovi più traccia di vita vegetabile a 183 metri di profondità, ne scende piana la conclusione che in un banco immerso 200 metri sott' acqua, la luce non giunge, e non giungendovi non può illuminare l'altopiano di esso, e tanto meno può essere capace, nel riflettersi, di alterare con la sua mescolanza la tinta naturale dell'acqua alla superficie.

924. * Egli è però d'avvertire ancora che avvi chi assicura esistere delle piante là dove non penetra affatto luce, e si citano in prova degli esempi.

* Il nostro professor Vincenzo Diorio, da me interpellato sull'oggetto, favoriva indicarmi i nomi di Fontan, di Meighan, di De Secondat, di Bory di Saint-Vincent, di de la Riva e di altri, come autori che hanno osservate delle vere piante in luoghi privi di ogni luce, e mi scriveva:

* « Nel 1861 visitando le gallerie sotterranee delle terme di Luchon dove raggio di luce mai non penetra, ritrovai in quelle sorgenti, alla temperatura di oltre a 38° centigr., la *Sulfuraria* in rigoglioso sviluppo; ed al mio ritorno in patria ne offersi un saggio al ch. accademico sig. prof. Viale Prelà. »

* Quindi verrebbe tolta la necessità assoluta della luce ovunque esiste vegetazione. In questo caso cresce l'argomento in favore della esposta conclusione; giacché non sarebbe necessario ammettere che alla profondità massima, ove esiste la vita vegetativa, ivi esistesse ancora la luce, e perciò questa potrebbe aver cessato di penetrare, prima di giungere al limite ultimo delle piante marine.

925. * Quantunque la ripetuta conclusione si basi sopra fatti ed autorità di molto peso, pure il presente moto accelerato delle scoperte, mi pone nell'obbligo di andar più oltre, e di pregare il lettore non soddisfatto di essa di seguirmi per alcun poco ancora, prima di escluderla. La vita animale, e quanto avvi di più recentemente detto su questa e su quella vegetale si deve da me rammentare.

* Il Pilla nel trattare delle condizioni generali degli animali marini, nota che « i molluschi ed i zoofiti non trovano più circostanze favorevoli alla loro esistenza ad una profondità maggiore di 600 piedi; dove la temperie è molto bassa, e *manca la luce*, che è un elemento essenziale alla loro vita.»

926. * Il de la Beche osserva « che vi sono degli animali, abitanti nei fanghi e nelle arene, i quali possono vivere lungamente senza luce »: ed è certo che, come vi sono dei vegetali che possano vivere privi di luce (924), così vi sono degli animali che non hanno bisogno di tale elemento. Ma queste specie, che possono albergare sotterrate in piccole profondità del pari che esistere sotterrate o scoperte in profondità anche grandissime, non possono prender parte nella presente questione, dove il bisogno della luce è l'elemento delle mie investigazioni. Tolto questo bisogno, resta poi troppo vago il limite ultimo della vita animale tra i naturalisti.

927. * E difatto il Löven nota che questo limite deve pure esistere, ma confessa d' ignorarlo, e solo stabilisce che: « La vegetazione cessa in una linea molto al disopra delle regioni più profonde della vita animale (*the vegetation ceases, at a line far above the deepest regions of animal life*). E lo Schleiden riconosce anche egli che la vita vegetale si spegne molto prima della vita animale nella direzione dalla superficie del mare al fondo.

928. * Il Lecoq, portando all' equatore il massimo della *force organique* sopra e sotto mare, ci dice che *au-dessous de* 300 *mètres*, *ou de* 150 *toises*, *la vie s' éteint complétement ainsi que la lumière*. Schleiden è dello stesso avviso del Lecoq per la distribuzione del regno animale e vegetale, e pone lo straordinario sviluppamento della fauna marina fra i tropici come oggetto incontestabile e incontestato. E quivi al certo domina più che altrove la luce ed il calore, due potenti sorgenti della vita come nota Maury.

929. * E Lyell, parlando dei *hydrophites* nei suoi *Principî* di geologia, edizione sesta tradotta dalla signora Tullia Meulien sotto gli auspicî dell'Arago e pubblicata nel 1848, osserva, che alla profondità di *mille pieds* (m. 305) *il doive régner, du moins pour nos organes, une obscurité plus profonde*

que celle de la nuit. E mio dovere però avvertire che nella nona edizione originale, 1853, che ho pure sott'occhio, il Lyell non parla così esplicito; egli, sotto il medesimo paragrafo *Marine vegetation*, dice che mentre alcune delle sopra indicate piante sono generalmente coperte e scoperte dal flusso e riflusso del mare, le altre vivono ad una profondità di parecchie centinaja di piedi (*at the depth of several hundred feet*).

930. * Che la vita animale, dentro certe condizioni, esista in profondità ove certamente non giunge raggio di luce, io ho potuto convincermene dopo la lettura di una recentissima opera del benemerito compilatore ed esimio geologo, d'Archiac. Ivi è scritto che nel Mediterraneo dalla profondità di 2000 a 2800 metri si sono estratti delle specie di *animaux marins vivans*, e che il citato autore non manca di nominare, dietro l'esame fattone da Alfonso Milne Edwards.

* Ma egli stesso, il d'Archiac, avverte pure, che recenti esperienze, eseguite in Londra, hanno mostrato che dei pesci o dei crostacei non potevano sopportare *sans périr* una pressione uguale a quella che esercita l'acqua del mare alla profondità di 3620 metri.

931. * Il citato d'Archiac ecco poi in quali termini ci manifesta il risultamento degli studî del Wallich intorno a questo soggetto: risultamento di recentissima data e contrario *à l'opinion généralement admise par les naturalistes*, ed è precisamente esso che mi ha obbligato a continuare in questa via dopo la prima conclusione (923 e 925):

* « Quantunque non siasi mai direttamente provato che la luce fosse essenziale alla vita animale, pure tale opinione è stata appoggiata da questi due motivi: che essa è indispensabile alla vegetazione e che la vita animale dipende, nella sua prima manifestazione, dalla vita vegetale. Ma questa ultima ragione non si applica necessariamente agli organismi marini *les plus inférieurs*. La luce cessa non per tanto ad una profondità *où vivent encore des espèces littorales d'un ordre très élevé. Ainsi on suppose qu'à 225 mètres commence une obscurité complète*; tuttavía molti animali speciali della profonda zona *des coraux*, e sopratutto certi pesci, discendono a profondità di tre a cinque volte più grandi, cioè a 650 metri,

ed anche a 900, al di là *des plus faibles rayons de lumière. Les plantes, telles que nous les connaisons, ne peuvent vivre en l'absence de la lumière.* »

* Ma noi abbiamo veduto che resta esclusa la necessità assoluta della luce per la genesi e lo sviluppamento della vita vegetale (924).

932. * Il Wallich delinea un diagramma nell' opera sua per mostrare graficamente l' altezza al disopra del livello del mare della vita vegetale e di quella animale, ed in esso indica pure a qual profondità, da quel livello, cessa la vita sottomarina: diagramma a cui fa precedere il seguente discorso:

* « *Si l' on suppose que l' extrême limite de la végétation au-dessus du niveau de la mer soit cette dernière élévation* (5500 metri), *et son extrême limite au dessous à* 730 *mètres* . . ; l'altezza totale della verticale, lungo la quale *s'étendront les végétaux sera de* 6230 *mètres*. (L' ultimo limite della vita animale è portato da lui a 4560 metri di profondità).

* Dunque il Wallich fa giungere il limite ultimo della vita vegetale, e con essa la luce, a 730 metri. Ma qui è d'avvertire; primo:

* Che il ripetuto d' Archiac riproduce il detto diagramma con qualche modificazione nella forma, *qui nous semble*, egli nota, *mieux représenter les faits*, e soggiunge, *tout en laissant d'ailleurs à l'auteur la responsabilité des chiffres, qui ne peuvent être que très-grossièrement approximatifs*. Secondo:

* Che nell' articolo citato dal d' Archiac, sulla pressione nel fondo dei mari dedotta dall'esperienze fatte in Londra (930), inserito nel giornale *Les Mondes*, si legge: *On en a conclu que l'opinion commune est juste, et que l'hypothèse contraire, du docteur Wallich, a besoin d'une nouvelle confirmation.*

* Quindi poco valore, nella questione che tratto, può darsi al risultamento degli studi del Wallich, e però resta, fino ad ora, ferma l'opinione generale da me adottata.

933. * E quando anche si fosse sicuri che la luce cessasse di penetrare non prima della doppia profondità, od ivi presso, ammessa da più egregi naturalisti, per esempio non prima di 350 a 400 metri, tuttavía non credo che essa luce potrebbe a noi render manifesta la posizione del banco dell'*Agullas*, avuto a calcolo le sfavorevoli condizioni del luogo (916).

* Imperocché, nel caso di cui tratto, si deve ammettere che la luce debba non solo giungere a 200 metri di profondità, ma debba anche aver potenza di tornare alla superficie ed alterare con la sua mescolanza la tinta naturale del mare, in guisa che sia visibile in qualunque stato dell'atmosfera, del mare ed in qualunque ora del giorno. E tutti sappiamo che questa luce di ritorno è luce *secondaria*, come la chiamava il Borro tre secoli or sono, la quale *quante più volte si ribatte tanto diventa minore*; e ciò deve dirsi anche per i corpi i più ripercussivi, ben diversi di un banco cieco di superficie irregolare, composto di fango, di scoglio e di rena.

* Quindi ritenendo anche di niun valore la prima conclusione (923) è per me novamente provato, per questa via quantunque indiretta, che il coloramento dell'acqua sul banco l'*Agullas* non può essere giuoco di luce.

934. * Entriamo ora nella seconda via, ossia in quella diretta. Nel mettermi in questa io incontro l'ostacolo dell'autorità del de Tessan che anzi tutto debbo segnalare e superare.

* Il de Tessan cita a questo proposito l'*expérience de Bouguer sur la rapidité d' extinction de la lumière dans l' eau de mer*, la quale non può essere che la seguente. Per ciò questa sola posso io qui riprodurre ed eccone il risultamento, che io estraggo dall'opera dello stesso Bouguer, ed il ragionamento che il de Tessan fa su l'esperienza di cui si tratta.

935. * « Il rapporto tra l'intensità della luce nell'aria, ove noi abitiamo, e quella della luce passante dentro l'acqua del mare, contenuta in un canale lungo 9 piedi e 7 pollici, largo 6 pollici, sta come 14 a 5 . . . .

* « O meglio come 169 a 64. »

* Da questo rapporto fondamentale giunge lo stesso Bouguer a dimostrare, che quello fra la trasparenza specifica dell'aria e l'acqua suddetta è come 1 a 12131.

* Inoltre, a suo giudizio, la diminuzione della luce, nel traversare l'acqua del mare, è espressa da una linea logaritmica e dalle sue ascisse ed ordinate, così che procedendo la prima in progressione aritmetica secondo gli spazi del fluido medesimo, l'altra proceda in progressione geometrica esprimendo le diminuzioni d'intensità.

* Questo è dire che l'intensità della luce diminuisce come i quadrati delle distanze attraversate nel mezzo.

936. * Siccome la qui riprodotta esperienza si presenta in contradizione colla spiegazione, che il de Tessan medesimo dà al fenomeno di cui io mi occupo, così egli stesso passa al seguente ragionamento:

* « Ma facendo attenzione alla considerevole influenza che l'estensione di una superficie illuminata esercita sulla visibilità di questa superficie, e sulla percettibilità dei raggi luminosi emanati *des divers points de cette surface*, si vedrà che cotesta contradizione non è che apparente, *et n'existe pas dans le fond*. Si sa, in effetto, che una superficie *très-éclairée*, ma di poca estensione, *regardée à travers un milieu imparfaitement diaphane*, può cessare di essere visibile, quando una superficie *beaucoup moins éclairée*, ma molto più vasta, si vede ancora. Nel primo caso, l'onda luminosa *s' affaiblit beaucoup en s'épanouissant et se propageant latéralement à mesure qu'elle avance*, mentre che, nel secondo caso, *cette déperdition latérale est presque nulle vers le milieu de la surface.* »

937. * Con questo giudizioso ragionamento il de Tessan intende di eliminare il valore, come assoluto, dell' esperienza di Bouguer, e quindi provare che il coloramento dell'acqua sul banco di cui io tratto *c'est un effet de la couleur du fond lui-même*, ed ecco il motivo che lo indusse al surriferito ragionamento ed alla qui appresso conclusione.

* *Dans la matinée* del giorno 27 marzo 1839 egli vide che il mare aveva *très-visiblement* cambiato di colore all' arrivo di lui sopra il banco dell' *Agullas*. « *Comme nous suivons à très-peu près*, egli nota, la direzione stessa della corrente, la quale ci trasporta con rapidità (98 miglia all' Ovest dal 26 al 27 secondo du Petit-Thouars, ovvero 87,5 secondo de Tessan), *cette variation de teinte ne peut pas être attribuée à une coloration propre de l'eau elle-même.* »

* Dunque, secondo lui, perché la fregata la Venere, nella quale egli era imbarcato come ingegnere idrografico, seguiva quasi la stessa via della ben nota corrente regnante in quel paraggio, *l'on doit admettre nécessairement* che il cambiamento di colore era un giuoco di luce; ossia « *que la lumière*

solaire peut, sono sue parole, a traverso *une épaisseur d' eau* di 200 metri, *éclairer encore assez fortement le fond pour qu'il devienne lui même visible à travers cette–même épaisseur*. Ciò che forma in tutto *un trajet de 400 mètres*, che la luce solare incidente può *parcourir à travers l'eau*, senza che l'*extinction* che essa *y éprouve* la renda invisibile ai nostri occhi. »

938. * L' autorità di un de Tessan, di quel de Tessan che meritamente l'Arago presentava all'Accademia delle scienze di Parigi come fornito *d'un savoir profond, d'un ésprit inventif*.... e *d'un zèle ardent pour le progrès des sciences*, deve essere di gran valore per tutti, e lo deve essere tanto più per me che oltre l'altissima stima inspiratami dallo studio delle opere di lui, a lui mi lega ancora personale conoscenza e gratitudine.

* Reso, nel miglior modo che per me potevasi, giustizia al merito dell'uomo, debbo ora pensare all'esigenze della scienza, e però farmi lecite alcune osservazioni sul giudizio di lui nel caso e nelle circostanze speciali di cui tratto.

* 1.° L' acqua del mare, nel traversar che egli fece il banco, non venne attinta onde assicurarsi del grado di limpidezza di essa, ed escludere così il ragionevole concetto della presenza, in quella visibile tinta, di materie costituenti quel banco :

* 2.° In tutti i libri da me letti non mi è giunto sott'occhio che l'acqua di quel paraggio sia di sua natura straordinariamente diafana, e però atta a permettere straordinaria riflessione di quel fondo, come verificasi in taluni altri punti dell'Oceano :

* 3.° *L'état du ciel* fu *Nuageux*, e per questa circostanza, per quella dell'ora e per l'altra della data, la forza della luce e l'altezza del sole non potendo essere delle più favorevoli alla trasmissione dei raggi solari a traverso una grande colonna di acqua, il tempo dell' osservazione fu sfavorevole per ottenere uno straordinario effetto ottico :

* 4.° *L'état de la mer* fu *Houleuse*, quindi era in attività la causa, per me precipua, di quel coloramento, cioè il moto ondoso.

* 5.° A confermare il già notato, sulla grande differenza che passa nella trasmissione della luce nell'acqua del mare con

cielo nuvoloso o sereno, ovvero con mare calmo o agitato si presentano due altre grandi autorità.

* L' Halley con una campana da palombaro, da lui proposta ed usata, fece delle esperienze sott' acqua alla profondità di 10 braccia (18^{m},30). La campana aveva nella vòlta un vetro forte ed assai chiaro, acciocchè vi passasse la luce. In tempo sereno e calma di mare entrò tanta luce per il detto vetro nella campana che Halley medesimo potè perfettamente leggere e scrivere in quella profondità, e quindi mandare in alto gli ordini scritti sopra tavole di piombo, affine di essere trasportato nella campana ove voleva. *In tempo oscuro*, invece, *e quando il mare fu agitato, fuvvi una sì grande oscurità sotto la campana come in tempo di notte.*

* Anche nell' istrumento di Maestro Guglielmo, usato dal De' Marchi, *per mezzo di un cristallo della grandezza di un palmo si vedeva quanto basta quando il sole era chiaro, come fu quando* calò con esso il De' Marchi nel lago di Nemi, cioè *il giorno* 15 *luglio* 1535. E questo istrumento ancora, *non si poteva adoperare ove l' acqua corre o fa onde, come il mare quando è in burrasca.*

* Dunque quando il de Tessan osservò il coloramento dell' acqua esistevano due elementi contrari alla natura della spiegazione che egli ha inteso di dare al fenomeno, giacché il cielo era nuvoloso ed il mare mosso da vecchia onda; ed ammesso che cotali elementi sieno stati di grado inferiori in forza a quelli che esistevano nel momento dell' osservazione fatta dall' Halley, tuttavía sono sempre da tenersi a calcolo.

* 6.° Lo stesso de Tessan ha notato: « I pescatori alla lenza che hanno bisogno di vedere nell'acqua per ben situare il loro ordigno, usano sovente l' olio per far sparire le piccole crespe dell'acqua le quali si oppongono alla visione distinta *en empéchant la transmission régulière de la lumière qui vient du fond.*» E siccome nel giorno dell'osservazione, di cui trattiamo, il mare non solo era ondulato ma anche increspato per il vento che soffiava, così anche per questa altra causa era difficultata la trasmissione della luce riflessa dal fondo.

* 7.° L'Arago, nel render conto alla citata accademia dei lavori scientifici eseguiti nel viaggio della detta fregata, nel

quale il de Tessan fu, al dir dello stesso Arago, *l'âme des nombreuses recherches de météorologie*, compilava un particolare articolo intorno *à la Couleur de la mer* : cita in esso il fatto da me registrato al numero 907, ne cita un secondo ancora, ma non fa parola di questo sul banco dell'*Agullas*, che pure, per la natura di esso e per la speciale spiegazione che ne dava il de Tessan, meritava particolare attenzione.

* 8.° L'Arago stesso, oltre tre lustri dopo il viaggio della Venere, ci lascia scritto un articolo sul medesimo argomento, anzi sul medesimo fatto del coloramento nel ripetuto banco, ed il lettore ha già letto il giudizio di lui sull' identico fenomeno (911) : giudizio che al certo non è uguale a quello dettato dal de Tessan.

939. * Basandomi adunque io su queste otto principali osservazioni ; basandomi sulla enunciata legge generale della trasmissione della luce per tutto l' Oceano (935), e sopratutto basandomi sopra la lunga serie dei concordi fatti, i quali ci provano la potente azione delle onde anche a due cento metri di profondità , non posso ammettere come necessario il ricorrere alle leggi dell' ottica per spiegare il fenomeno proposto ; che anzi , dirò di più , io non credo che queste leggi permettano di giungere alla conclusione voluta dal nostro autore sopra il banco di cui si tratta.

940. * Coll'esposto sin qui mi sembra di aver già sormontato l'ostacolo che l'autorità del de Tessan frapponeva al mio cammino , e però continuo innanzi , e con tanto più coraggio , quanto più tutto ciò che sono per dire consoliderà maggiormente il mio giudizio.

* Non vi ha verun dubbio per noi marini che la tinta azzurra del mare si trovi modificata , ed anche qualche volta totalmente cambiata, dalla riflessione del colore del fondo senza che il moto ondoso vi abbia parte alcuna. Ciò accade , come spiegano tutti i fisici, quando la luce riflessa dal fondo giunge all' occhio mescolata con la luce riflessa dell' acqua. Ma perchè questo fenomeno, tutto proprio della luce del cielo e del colore del fondo del mare, sia a noi manifesto, sono necessarie delle condizioni , due delle quali principali che qui registro con le parole dell'Arago : *un temps calme* e *un parage où l'eau est peu*

profonde; ed in questi casi, soggiungerò con lo stesso autore, è *très-facile* di spiegare il fenomeno *d'après les lois de l'optique*. Ma questo non è il caso nostro.

941. * « Vi sono dei paraggi, dice inoltre l' Arago, e fra gli altri particolarmente quelli *dans lesquels les madrèpores abondent*, ove il colore giallo influisce sul colore generale del mare. Allora esso sembra verde chiaro; ed è tanto più naturale di ammettere questa influenza del fondo, *que dans les parages en question la mer est très-transparente*. » Ma ne pur questo fà al caso nostro.

942. * Tuckey si è assicurato che il fondo del mare nella baja de Loango è rossissimo, e perciò ivi le acque sono sempre rossastre.

* Ma questi fatti, come tanti altri che non danno indicazione accertata di misura e partono da condizioni eccezionali, non servono alle mie investigazioni; quindi mi fermerò su quelli ove la profondità dell'acqua è nota e che si desumono da osservazioni eseguite e registrate d' autorità sulla fede e perspicacia delle quali non può dubitarsi. Non è difficile di essere ingannato da una falsa apparenza.

943. * Io speravo di trovare dei dati positivi, intorno a questo oggetto, nelle opere che trattano della pesca del corallo e della spugna ; ma sono restato deluso. Nulla nel Marsigli, nulla nell' opera più speciale e recente del Lacaze-Duthiers e nulla in quella recentissima del Moquin-Tandon. Anzi in quella del Duthiers ho trovato dei dati negativi, leggendo quanto segue:

* « *Dans les cas où l'on veut chercher un banc* (di corallo) *dans un parage inexploré, il s'agit de connaître d'abord la nature du fond : pour cela, une longue corde est courbée en anse et lestée dans son milieu, elle est traînée au fond de la mer; lorsqu'elle s'accroche, on en conclut que l'on est sur les bancs, et alors seulement on lance l'engin.* » Il che esclude l' uso della visibilità degli scogli alla profondità, ove più generalmente si trova il corallo, che è quella di 20 a 40 metri ; verità confermata anche dall'uso di ritornare sui banchi cogniti, in qualunque profondità essi siano, non col mezzo diretto della vista nel fondo del mare, ma *à l' aide de relévements pris sur la côte*, come avverte lo stesso Duthiers.

944.* Ecco pertanto quanto di accertato ho potuto altrove raccogliere. Ma prima, giacché mi è data l'occasione di nominare il corallo e la spugna mi sia permessa una breve digressione, la quale è tanto più necessaria in quanto che trovo le spugne prodotte come testimoni della poca profondità cui si comunica l'azione delle onde, in una nota dettata dal Fitz Roy; nota che chiama in testimonio anche l' uso fatto delle campane da palombaro nel ricuperamento degli avanzi della fregata la Teti, naufragata al capo Frio.

* Confesso il dispiacere e la maraviglia insieme recatami dalla lettura di questa nota, riflettendo da un lato alla grande autorità dell' illustre autore del *Weather Book* e dall' altro all' inesorabile logica dei fatti! Certo, chi paragonerà il vasto sapere di lui, con le ristrette cognizioni mie; la di lui posizione di officio e la mia, e Londra con Roma per un moderno tema marittimo, converrà sulla verità e naturalezza di quella maraviglia e dispiacere.

* In quanto alla testimonianza del fatto della Teti rimando il lettore ai miei numeri compresi tra il 749 al 778, e passo ad occuparmi dei coralli e delle spugne.

945. * Mi si potrebbe da taluno domandare: — « Se fosse vero, come voi assicurate, che l' azione attiva delle onde si comunica alle profondità da voi indicate, come spiegate il fatto della formazione, dello sviluppamento e della riproduzione del corallo? » — A dire il vero il corallo nasce e cresce anche in fondi di 4 metri, più ordinariamente in quelli di 20 a 40, ed in alcuni luoghi in 80 e in 160 metri. In una parola, la maggior quantità di esso si trova in quella profondità ove l'azione delle onde ha, per me, tuttavía potenza da disturbare non solo, ma da triturare e da trasportare materie più solide e molto più voluminose del corallo.

* D'altra parte sappiamo che il corallo, per il suo organismo, ha bisogno di un sito d'*eau tranquille*, ossia non soggetto *à l'agitation de l'eau*, come leggo in Marsigli e come si desume anche dalla lettura del Lacaze-Duthiers. Ora, come si concilia questo bisogno ed il fatto dell'esistenza del corallo alla profondità anche di massima azione dei flutti? L' obbiezione adunque sembra forte e la domanda giusta.

* Ecco la mia risposta che si basa sopra due altri fatti naturali e propri del corallo stesso. Tutti i pescatori e tutti i naturalisti sono d'accordo in due punti: primo, che il corallo nasce e cresce nelle caverne e nelle grotte, *antres, grottes et fourneaux*, delli scogli; secondo, che esso si spicca dalla vòlta, ossia i suoi rami si diriggono verso il centro della terra. Intorno a queste speciali condizioni, non avvi *aucune exception*: *on ne peut espérer de le trouver ailleurs*, siccome avvertono il Marsigli ed il Duthiers, e queste bastano sicuramente, a difendere il corallo dalla percossa delle onde. Lo scoglio, nell' interno e nel cui soffitto il corallo è ricoverato, riceve la percossa, e però nell'*antro* non può penetrarvi al più che dell' acqua corrente, e questa sappiamo che talvolta esiste ove vive il corallo; anzi essa è causa di maggior o minor pesca secondo la sua direzione, e perciò il Lacaze-Duthiers ne consiglia lo studio, a vantaggio del prodotto di questa industria.

946. * Lo stesso può dirsi della spugna: questa vive tra i cinque ed i venticinque passi (m. 8 e 41); ama *les eaux chaudes ou tempérées, et les lieux les moins exposés aux vagues et aux courants*, e sviluppa *parmi les excavations et les anfranctuosités des rochers*, siccome ha notato Moquin-Tandon; ed in coteste disuguaglianze delli scogli *s' y creuse même une espèce de loge qui d'abord le sert d'abri, puis le assure, lorsqu' il gradisse, une attache plus solide*, come aggiunge il Mangin. Quindi essa risiede come il corallo in profondità ove la potenza delle onde è molto attiva. Ama in vero i punti meno esposti ai flutti e solidamente vi si attacca, ma non prende stanza nelle grotte, né spiccasi dai soffitti, e però si trova in parte esposta all'azione scalzatrice e sradicante dei flutti: tuttavía essa resiste, ed ugualmente al corallo non si vede straccata lungo il lido, come accade degli altri prodotti sottomarini. Il vantaggio di minori riguardi, di cui gode la spugna a confronto del corallo, io credo che lo debba principalmente alla sua soffice natura. Con questa qualità, cedendo, si difende dalla parte percossa dall' onda. Inoltre essa si difende ancora con dei gettiti di acqua. *Pendant la vie de l' Éponge*, dice il citato Tandon, *on voit sortir de chaque cellule ou de chaque Polype un torrent d' eau impétueux, sorte de fontaine vivante qui semble ne s'arrêter jamais.*

Cosicché il corallo è completamente difeso dai flutti dallo scoglio, e la spugna in parte dalli scogli ed in parte dalla sua flessibilità e dai suoi gettiti di acqua, che forse emetterà più frequentemente e con maggior forza quando il mare è più agitato.

* Riprendiamo il filo del discorso.

947. * *On a très-peu d'observations exactes de la transparence de la mer*, diceva Arago, ed egli ben s'appose.

948. * Luigi Freycinet nell'*Anse Depuch*, Terra di *Leuwin* (Oceano), ebbe a notare che :

* « *Le fond, près de terre, est semé de roches qui, nous ont paru de même nature et semblablement posées; elles sont très-apparentes, quoiques recouvertes de* 6, 8, 10, 12, 15 *brasses d'eau et même plus, lorsqu'on va au large* (metri 10, 13, 16, 19, 24). *Ce qui les fait sur-tout distinguer, c'est le contraste qui naît de leur couleur rembrunie et de la blancheur du sable dans toutes les autres parties : ce contraste affecte de telle sorte le fond de la mer, que des hauteurs voisines il serait aisé non seulement de compter le nombre de ces roches, mais encore d' indiquer leur forme et l'espace qu'elles occupent. Tous ces rochers, à en juger du moins par ceux du rivage, sont d'un beau granit très-fin, dont la surface extérieure a été arrondie et polie par l'action continue des flots.* » E questo lavoro si eseguisce anche in 24 metri sott'acqua !

949. * Darandéau ci avvisa che nei paraggi *des Esquerquis* (Mediterraneo), l'acqua è d'*une limpidité parfaite*, quindi il fondo del mare *s'y aperçoit-il à des profondeurs de* 30 *à* 36 *mètres.*

950. * Siau, presso l' isola di *Bourbon*, a venti metri di profondità distingueva facilmente, *par de belles mers*, l'ondulazioni del fondo composte di *gros sable*, di *gravier* e di *petits galets.*

951. * De Quatrefages nel mese di Aprile 1844, mentre raccoglieva e studiava piante ed animali marini nelle vicinanze dell' isola delle Femine (mare di Sicilia) ebbe a notare che il mare gli si mostrava in quel luogo sotto un aspetto tutto nuovo per lui. *On ne connait pas sur l'Océan*, egli dice, *cet calmes absolus* nel corso delle quali la superficie del mare, *unie comme une glace*, permette all' occhio di penetrare à delle incredibili profondità e di distinguere *les plus petits détails.*

* Questa *admirable limpidité* permetteva ai suoi sguardi di scrutare *les moindres aspérités des roches entassées* e di *plonger à plus de cent pied* (metri 33 circa), *dans des précipices à pic*: ed ovunque le ondulazioni della rena, i vivi cigli della pietra, *les touffes d'algues et de fucus*, si mostravano con *étonnante netteté*.

952. * Bérard, il 16 luglio 1845, nella traversata dall' isola *Wallis aux Mulgraves* volle fare un esperimento sulla trasparenza dell' acqua. A questo effetto *une assiette de porcelaine placée dans un filet* venne calata sott'acqua ed essa *fut aperçue a 40 mètres de profondeur*. Arago, intorno a questa esperienza, dopo avere avvertito alla penuria in cui siamo di osservazioni esatte non vuole *négliger de consigner* l' indicato risultato ottenuto dal Bérard, quantunque non perfetto, e però egli, l'Arago, si duole *de ne pas savoir l'heure de l'observation, ni l'état du ciel*.

953. * In Horsburgh è registrato che nel banco della Fortuna, del quale ho già parlato (611), a 22 metri di profondità si scorge *trés-distinctement le corail et le sable*.

954. * Ho sott'occhio due esperienze di questo genere fatte con luce artificiale: esse non le credo direttamente utili al caso presente, tuttavía le registrerò.

* Nel ricuperamento del naufragio della fregata la Teti, di cui ho a lungo parlato nell' articolo nono di questo capo, si volle tentar di far uso nella campana da palombaro della luce di una torcia onde meglio distinguere gli oggetti giacenti tra i 18 a 20 metri di profondità, ma ben presto si provò di niun soccorso quest'aumento di luce (766).

955. * Paget ha reso di pubblica ragione che del fanale a luce elettrica del Bazin si sono fatte delle esperienze sottomarine nel porto di *Lorient*. La notte era *des plus noires* ed il tempo piovoso. *Le soleil le plus brillant*, dice il relatore, *n'eût mieux* illuminato il sito.

* « *Un plongeur est descendu sous l'eau à* 5^{m},20 *de profondeur et à 6 mètres de distance de l' appareil*. Colà egli ha raccattati diversi minuti oggetti, e ciò *sans hésitation, sans tatonnements* agendo come in pieno giorno, ed inoltre egli ha distinto e mostrato la divisione decimale, che gli venne domandata, sopra un metro ivi gettato. »

* Ma torniamo all'esperienze più proprie al caso nostro.

956. * Il Bourdase alle ore otto e trenta minuti del mattino del 9 gennaro essendo in lat. 12°.09'S. e long. 39°.00'E. del meridiano di Parigi, *a aperçu le fond sur un banc* (il banco *Saint-Lazare*, canal di Mozambico), e scandagliando *immédiatement* trovò 35 metri di acqua. *Il faisait calme*, tuttavía il bastimento filava due nodi l'ora con la corrente che portava al Sud. Fatte due miglia, il fondo, che lentamente aveva diminuito, era ridotto a 22 metri. In questa profondità ed in quest'ora (9 e 30. ant.) *on voyait parfaitement le fond*, il quale sembrava unito, bruno in alcuni punti e bianco in altri. *La sonde rapportait du corail et des coquillages brisés. Il faisait très-beau temps*, e si potè con comodo osservare il banco.

957. * Non deve esservi penuria di esempi, i quali ci rendano certi che in queste profondità, ed in quelle di 30 metri circa, si vegga bene il fondo con calma di mare, con cielo sereno, specialmente presso il meriggio, e, nelle acque più diafane, si veggano distintamente gli oggetti in esso giacenti. Scarso è però il numero di quelli che a profondità maggiori, ci faccian sicuri della visibilità del fondo. Scarsissimo in fine è il numero di quegli esempî che oltre ai 100 metri ci dieno certezza per l'autorità delle persone, le quali videro da sé e senza allucinazione. Imperocché in profondità molto grandi è facile assai credere di vedere ciò che in realtà non esiste o è invisibile. Per la stessa ragione mi è avviso che non possono meritar compiuta fede quegli esempî in cui si riferisce che altri vide senza che sia citato il nome dell' osservatore.

958. Eccò l'unico esempio a gran profondità, a me noto, di cui il rispetto dovuto all'autorità, che ha veduto e registrato il fatto, vuole che non si possa dubitare dell'esattezza di esso.

* Arago, nel render conto analitico all' Accademia delle scienze dell' opera dello *Scoresby* sulle *Régions artiques*, dovette parlare *de la couleur des mers polaires* e diffusamente ne parlò. Per il caso di cui io tratto rilevo che le acque azzurre di quei mari *sont sì diaphanes qu'on a aperçu parfois le fond de la mer jusqu'à* 80 *brasses* (metri 130) *de profondeur*. Dall'espressioni usate dall'Arago ognun vede che egli trova straordinario il caso della visibilità del letto del mare a quella profondità.

Tuttavía, se, per abbondare, togliamo di mezzo la straordinarietà del caso, il numero dei metri resta sempre molto inferiore a quello di 200 dove giace immerso il banco dell'*Agullas*.

959. La penuria notata dall'Arago, alcuni anni in dietro, di sicure osservazioni sulla trasparenza dell'acqua di mare, mi si è fatta sentire nelle presenti mie ricerche ad onta delle più premurose indagini. Quindi nell' intendimento di eliminare il bisogno in cui versavo, sono ricorso qui in Roma ad alcuni professori di mia conoscenza, ma il vasto saper loro e la loro squisita gentilezza, in questo caso non mi sono stati gran fatto giovevoli.

960. * In tale stato di cose parlando io con uno di essi sull'argomento, l' illustre P. A. Secchi, gli esternai un pensiero che nel discorso mi si presentò alla mente, quello cioè di praticare io stesso un esperimento nel mare nostro a similitudine di quello praticato dal Bérard nella zona torrida del Pacifico (952). Il pensiero non solo piacque all'egregio professore, ma lo incoraggiò in modo d'accettar egli stesso la direzione dell'esperimento il quale è stato fatto alle prime favorevoli circostanze; ed eccone il risultamento da lui stesso dettato e gentilmente comunicatomi.

Relazione delle esperienze fatte a bordo della pontificia Pirocorvetta l'Immacolata Concezione *per determinare la trasparenza del mare. Memoria del P. A. Secchi.*

961. * « La trasparenza del mare e la visibilità del suo fondo alle diverse profondità è un elemento di somma importanza in varî casi della navigazione: da essa dipende non solo la conoscenza de' pericoli degli scogli o de' banchi, e la possibilità di poter ritrovare gli oggetti perduti, ma inoltre essa può dar gran lume per la teoria de' movimenti ondosî del mare, mettendo in chiaro se il torbido che vedesi in alcuni paraggi sia effetto dello smovimento del fondo a grande profondità, ovvero semplice visibilità del fondo stesso attraverso spessezze talora enormi di acqua. Benché a stabilire gli elementi necessari alla soluzione di questo problema bastar possano de' facili esperimenti, pure la scienza ne è estremamente mancante. Il diligentissimo sig. comm. Cialdi dopo avere indagato le opere più accreditate per trovarvi qualche risposta, ha rinvenuto un solo

esperimento in Arago che fa a questo proposito (1). Questi riporta che il cap. Bérard nel passaggio dall' Isola Wallis alle Mulgraves ha veduto un piatto posto in una rete a 40 metri di profondità. Questo stesso esperimento però lascia qualche cosa a desiderare, perché non è indicata l'altezza del sole, né lo stato del cielo durante l'osservazione (952).

962. * « Le profondità maggiori a cui si pretende aver più o meno veduto il fondo, sono incerte e non dedotte da sperimenti diretti, come può vedersi nella sua opera *Sul moto ondoso del mare*.

963. * « Sono quindi persuaso che riusciranno graditi quelli che sono stati istituiti a bordo della pirocorvetta pontificia *l'Immacolata Concezione* dal medesimo sig. comm. Cialdi, capitano di fregata comandante la marina pontificia e la detta pirocorvetta, il quale, nella persuasione che la mia presenza potesse riuscire utile per la parte ottica, ebbe la gentilezza di invitarmi a prendervi parte e a farne la discussione. Io lascerò a lui il trarre le importanti conseguenze che ne discendono per la teoría del moto ondoso del mare, essendo questo mio scritto destinato a far parte della succitata opera, e mi limiterò a descrivere i risultati relativi alla parte ottica, e ad esporre le conclusioni che ne discendono, e che sono importanti anche pei fisici.

964.* « Il problema propostoci a risolvere era quello di determinare l'estremo limite di visibilità di un oggetto immerso nella profondità del mare. A tal fine il sig. commend. Cialdi fece preparare varii dischi di diametro e di colore differenti che doveano immergersi nel mare fino a perdersi di veduta.

* Uno fu un piatto di maiolica del diametro di 0^m, 43 avente una piccolissima profondità di soli 2 centimetri circa. Il colore del piatto era il bianco delle maioliche più fine. Questo era ritenuto nel mezzo di un cerchio di ferro del diametro di 0^m,60 mediante fili di ferro che passando per piccoli fori fatti nell'orlo del piatto erano raccommandati al cerchio medesimo. Questi fili poi aggruppati in un solo capo formavano al disotto del centro del piatto un'ansa, alla quale potevasi attaccare un mediocre peso di piombo, per facilitare la sua discesa. Tre corde distribuite equidistantemente sulla circonferenza del cerchio di ferro, e riunite quindi a conveniente distanza in un

(1) Arago Oeuvres tom. VII pag. 487, 488.

solo capo, servivano a tenere il piatto perfettamente orizzontale nell'acqua. La corda che serviva all'immersione era distinta con nodi ad ogni 5 metri, per misurare la profondità più facilmente; l'intervallo tra i 5 metri misuravasi a mano con un metro ordinario.

965.* « Siccome dovea ritenersi che la grandezza della superficie fosse per avere una influenza sulla visibilità degli oggetti immersi, fu preparato un secondo cerchio di ferro del diametro di $2^{m},37$ su cui si stese della tela da vele che fu inverniciata di bianco nitidissimo. Il cerchio di ferro era rinforzato da una crociata pure di ferro, e al centro di questa crociata eravi un anello a cui sospendere un pesante piombo da scandaglio. Alla circonferenza erano legate 4 corde eguali che riunivansi in una sola, alla quale si legava la sagola o fune graduata come sopra. Prevedendo che il ritirare perpendicolarmente dall'acqua cotesta vasta superficie sarebbe stato assai difficile, si legò all'orlo del cerchio una seconda sagola, che durante l'immersione si lasciava lentissima, e poi tendevasi durante l'estrazione dall'acqua, onde così il cerchio veniva ritirato in costa senza la minima difficoltà. Durante gli esperimenti per facilitare la discesa normale del disco, si trovò utile di fare nel centro un foro del diametro di due decimetri, che ci servì anche per altri usi appresso.

966. * « Per mia parte io avea disposto varii accessori ottici, sperando che mi dovessero esser utili, e oltre un buon binoculo, preparai varii polariscopi, un prisma di Nicol, una tormalina e una pila di lastre di cristallo, i quali arnesi venivano indicati dall'Arago come assai utili a diminuire la luce riflessa del mare e quindi a scorgere meglio il fondo, e aiutare la penetrazione della visuale dentro l'onda. Vi aggiunsi uno spettrometro e un barometro aneroide grafico di Hipp, cogliendo questa occasione per vedere quale utilità si potrebbe trarre in mare da questo strumento.

967.* « Con questi preparativi fummo a bordo della Corvetta il 20 aprile che messa in ordine di tutto punto dai sigg. capitani cav. Palomba, com. in 2°, e cav. Castagnola, ci aspettava fuori del porto di Civitavecchia. S. E. Monsig. Randi delegato di Civitavecchia ed altri signori ci vollero onorare in questo primo giorno di loro presenza. I detti signori capitani poi, e tutto l'equipaggio

si prestarono con somma premura e amore straordinario, e con rara abilità in tutti gli esperimenti, onde la riuscita loro fosse la migliore che potesse desiderarsi.

* Alle 2 pom. si diè moto alla macchina e si prese il largo per fare uno sperimento preparatorio, essendo il sole già troppo basso per uno studio definitivo.

* Per non ripetere ogni volta le stesse cose, diremo quale era in ciascun caso la maniera di operare.

968.* « In ogni esperimento si faceva primieramente fermare la macchina a vapore della Corvetta e si aspettava che la nave fosse ben ferma. Indi si scandagliava e notavasi la profondità del mare e la natura del fondo. Poscia procedevasi all'immersione del piatto piccolo prima dal lato dell'ombra del bastimento, poi da quello del sole. Questo si faceva per vedere che influenza avesse l'ombra del bastimento e il riflesso del sole sull'acqua. Calato che era il piatto veniva esso seguitato collo sguardo con gran cura, non solo da me ma da quanti erano liberi a farlo, e si domandava loro come lo vedessero. Quando poi veniva ad esser perduto di vista, si notava la profondità, quindi si ritirava sù fino a tanto che fosse ritornato a vedersi ben preciso e distinto, e poi si ricalava al basso finchè sparisse nuovamente. Qualcuno anche era mandato sull'alto degli alberi, mentre io ed altri stavamo ora a bordo del bastimento a 4 metri circa sopra l'acqua, ora sulle lance o imbarcazioni, per guardare più da vicino all'acqua che fosse possibile. Il voto definitivo della disparizione si concludeva dalla testimonianza di tutti quelli che stavano in identiche circostanze, ed in questo fatto ebbi una prova che la mia vista non era inferiore a quella degli altri marinai, i quali in questa parte sono esperti assai per la pratica che hanno di stare sempre in attenta sorveglianza di ciò che accade attorno a loro. La discordanza, se talora vi fu, trovossi di una frazione di metro.

* Ogni immersione come dissi era d'ordinario almeno doppia, cioè che dopo perduto di vista il piatto si ritirava di nuovo fino a rivederlo bene e poi si riaffondava: l'affondamento si andava rallentando a mano a mano che si rendeva più debole la sua visibilità; ed era raro che fra le due immersioni la differenza fosse maggiore di mezzo metro, e il medio

delle due misure era notato a libro immediatamente. Gli osservatori e quelli che tenevano la corda di misura stavano sempre perpendicolari sul piatto, onde una volta che avemmo un trasporto sensibile prodotto da una corrente, tanto la misura che l'osservazione fu fatta dalle lance: ma questo nelle altre circostanze non fu necessario, non essendovi corrente che disturbasse.

969.* « Noi fummo favoriti da un mare sommamente quieto, e specialmente il secondo giorno, esso era di una tranquillità straordinaria, ma per calmarne ancora di più la superficie e togliere le piccole crespe che disturbavano la vista, si fece uso di un poco d'olio gettato di tanto in tanto, il quale produceva una bonaccia perfetta a notabile distanza tutta intorno. Questa grande tranquillità del mare, piuttosto unica che rara, ci fu di sommo vantaggio, e per essa potemmo scendere fino quasi a toccare l'acqua col viso in alto mare, come se fossimo in porto.

* In alcuni casi l'osservatore si allontanava a bella posta dalla perpendicolare per verificare certe particolarità, di cui diremo a suo luogo.

970. * « Finalmente nel momento stesso in cui facevasi l'osservazione si notava il tempo medio approssimato, e il sig. com. Cialdi prendeva col sestante l'altezza del Sole: potendosi però ogni qualvolta piaccia dedurre col calcolo l'angolo orario dall'altezza del sole, e questa essendo la più importante, non abbiamo creduto necessario riportare qui sempre l'ora de' singoli esperimenti. Le altezze che qui diamo sono già corrette del semidiametro del sole e della depressione dell'orizzonte, ma non della refrazione.

Esperimento primo

A dì 20 aprile 1865

971.* « Cominciato a 4^{or} 0^{m} pom. di tempo vero. Mare calmo in modo straordinario, distanza 4 miglia nautiche dalla costa in faccia a Civitavecchia, mare limpido: cielo velato leggermente.

Disco piccolo. Immersione dal lato del sole con riflesso solare sull'acqua.

Profondità a cui cessa d'esser visibile $=16^{m}.50$ Alt.$\odot=31°57'$
Immersione dal lato dell'ombra:
Profondità ecc. . . . . $22^{m}.70$ Alt.$\odot=28°12'$

Nota. Il sig. B. Donati, uno dei presenti, lo vede sparire due metri più sotto dopo che gli altri l'hanno perduto, ma esso sta in luogo diverso dagli altri, guardando tra la nave e una imbarcazione sospesa.

Disco grande. Tempo vero prossimo 4^{or} 23^{m}

Immersione dal lato del sole.
Profondità ecc. . . . . $24^{m}.50$. Alt.☉$=26°42'$
Dal lato dell'ombra
Profondità ecc. . . . . $24^{m}.50$. Alt.☉$=24°14'$

Nota. Mare calmo, ma il cielo nell' ultima immersione si era velato alcun poco. Vedendosi venir sù de' fitti vapori si lascia, circa a 4^{or} 40^{m}.

* Il colore dell'acqua del mare è perfettamente azzurro e trasparente.

972. * « Da questo esperimento preparatorio restammo convinti che si potevano avere dei risultati assai concordi, e più ancora di quello che ci saremmo aspettato. Si vede che in un caso solo, tra tanti che vi prendevano parte, una sola persona riuscì a vedere il piatto piccolo due metri più sotto degli altri, certamente per la circostanza favorevole del suo posto, poichè in appresso tal differenza svanì.

973.* « Fu notato che il piatto piccolo svaniva più presto dell'altro, principalmente per la ragione che l'agitazione dell'acqua e la rifrazione ne sformavano l' imagine in modo stranissimo, e la trasportavano per tutti i versi, e quel traballamento dovea contribuire a fare che si perdesse più presto. La figura del piatto talora appariva divisa in due, e come una nuvoletta mal terminata.

* Il disco grande invece benché ancor esso perdesse i suoi contorni regolari, non arrivava però mai a dividersi, e restava sempre abbastanza grande, continuo e visibile, benché sfumato ancor esso come una nube, ma non perdeasi di vista altro che quando la sua tinta era divenuta sì carica che eguagliava quella dell' acqua. Al principio esso appariva leggermente verdino, ma più discendeva e più acquistava di colore azzurro, finchè appena

era più slavato di quello del mare. Allora un piccolo aumento di profondità lo faceva svanire.

974. * « Questo sperimento, che come dissi era preparatorio, ed essendo stato fatto vicino al tramonto del sole non era di gran peso, e perciò ci preparammo a ripeterlo la mattina seguente, e per esser più pronti a prendere il largo fu passata la notte a bordo, in rada di s. Marinella.

975. * « Il giorno seguente 21 appena fu tutto in ordine si lasciò la rada per prendere il largo. In rada con 9 passi di fondo, ossia 15 metri circa, il mare era verdiccio, ma a mano a mano che ci allontanavamo andava acquistando il suo bel colore azzurro. Il cielo era leggermente velato alle 8 antim. da cirri distesi da Est a Ovest, e il mare era di una calma straordinaria (1). Da diversi giorni non vi era stato mare grosso, e l'ultimo mare forte era stato ai 28 di marzo. Da quel giorno in poi non si erano avute che piccole marette, e un poco di vento di fuora, ma questo ancora era cessato da varii giorni: talché il mare dovea esser ben limpido e avea avuto tempo a depositare qualunque torbida. È da notare che sulla costa in questi luoghi non è vicino alcun fiume considerevole che scarichi in mare acque torbide, e il Tevere stesso è troppo lontano, ed ora da gran tempo non era stato gonfio.

Esperimento 2.°

A dì 21 Aprile 1865.

976. * « A 8^{or} 15^{m} si ferma la Corvetta a 6 miglia al S. da capo Linaro. Mare azzurro e trasparentissimo. A 8^{or} 26^{m} si scandaglia e si trovano 95 metri di profondità, e fondo di fanghiglia. Questo s' accorda bene alla carta di Darondeau (2). Si calano diverse imbarcazioni in mare per poter guardare più da vicino. Mare tranquillo come una laguna.

(1) Noterò qui come questa disposizione di cirri, che mi sembrarono di carattere aurorale, mi fece predire una perturbazione magnetica in terra e una burrasca lontana. L'una e l'altra si verificarono completamente. Quel dì fu grande agitazione de' magneti in Roma, e nel golfo di Genova e di Tolone si ebbe forte burrasca.

(2) *Carte particulière des côtes, d' Italie. États Romains; levée en 1853 par M. Darondeau Ingenieur geographe et publiée en* 1858.

Piatto piccolo. Immersione dal lato dell'ombra della nave.

Profondità di visibilità stando a bordo
della corvetta a 4 m. sopra l'acqua.=24^{m}.75Alt.⊙=38°52′
Dalla lancia a 0^{m},50 . . . . . =30^{m}.0

Si passa dal lato del Sole

Profondità ec. da bordo la Corvetta. =24^{m}.50Alt.⊙=43°10′
Dalla lancia come sopra. . . . . =30^{m}.0 Alt.⊙=43°48′

Nota. Cielo leggerissimamente velato e cirri bianchissimi. Il sole non si sostiene a occhio nudo affatto, e per prendere le altezze si deve far uso del 3.° vetro colorato.

Disco grande. Si osserva solo dalla lancia all' ombra del bastimento e non dal bordo della nave perchè è un poco trasportato da una corrente.

Profondità. . . . . 34^{m}.50Alt.⊙=42°53′

Nota. Sole leggermente nebbioso, come dianzi. Calato il disco dal lato del Sole, da bordo la corvetta si ha:

Profondità ec. . . . . 29^{m}.0

Altra misura che si prende dalla lancia perpendicolarmente sul disco, perchè vi è una corrente da cui è trasportato, si trova

profondità ec. . . . . 34^{m}.50Alt.⊙=47°54′

Nota. Sole annebbiato leggermente come sopra. La corrente ha fatto perder molto tempo.

977.* « Il mare essendo tranquillissimo, si profitta di questo stato per andare a varie distanze dalla verticale che corrisponde sul disco, per scoprire se riesce meglio visibile. Si fa alzare ed abbassare più volte, ma sempre si ottiene la stessa profondità, e se la distanza obliqua è grande, la profondità diviene un poco minore, ma non di molto. Si prova a guardare il piatto coi polarizzatori, cioè colla tormalina, e col prisma di Nicol, ma la prima assorbe troppa luce, il secondo benché ne assorba

meno, pure ne assorbe tanta che mentre il piatto è ben visibile ad occhio nudo, esso non lo è più attraverso il Nicol (1). Lo stesso dicasi della pila di lastre di cristallo. La diminuzione della luce riflessa dal mare con questi polarizzatori è quasi nulla, attesoché il mare, per quieto che sia, ha sempre qualche leggera ondulazione, per cui la riflessione non è più sotto l'angolo di polarizzazione completa. Il piccolo vantaggio che si avrebbe dalla diminuzione di luce riflessa è compensato dalla perdita per assorbimento del polarizzatore. Bisogna inoltre usare un occhio solo e con due si vede molto meglio.

978.* « Si usarono anche diversi tubi per riparar l'occhio, ma non si trovò vantaggio usando un occhio solo. Si usò pure un buon binoculo, ma senza miglior profitto. Qui la difficoltà nasceva specialmente dal non potersi tener fissa bene nel campo dei cannocchiali l'immagine. Levate le lenti e ridotto il binoculo a un semplice sistema di due tubi, non si vide nessun profitto sensibile, ma piuttosto vi era imbarazzo. Il miglior modo per veder bene si trova esser quello di mettersi all' ombra di un gran cappello o di un ombrello nero, o altro ostacolo che getti una buona ombra sull' acqua nel luogo in cui si guarda. Allora si vede bene e si ottiene un guadagno di due o tre metri di più.

* A 9^{or} 50^{m} finita la prima serie si ripiglia il viaggio verso il largo.

Esperimento 3.°

A dì 21 aprile come sopra

979. * « Posizione del bastimento a 11 miglia al Sud di capo Linaro. Profondità 140 metri che combina bene con Darondeau. Fondo di fanga. A 11 ore circa comincia l'osservazione.

Piatto piccolo. Immersione dal lato dell' ombra

Veduto da bordo. Profondità. . . $=31^{m}.50$ Alt.☉$=58°23'$
» » dalla lancia. Profondità. . . $=31^{m}.50$ Alt.☉$=58°55'$

Nota. Cielo nebbioso al solito.

(1) Il prisma di Nicol essendo fondato sulla doppia rifrazione, in modo che uno de' raggi è riflesso totalmente dentro il prisma, per necessità la luce è diminuita della metà di quella che entra, oltre quella che è riflessa dalle superficie e assorbita dal prisma stesso.

Disco grande veduto dalla lancia, prof. =37m.50 Alt.⊙=59°40′
» » » » » da bordo, prof. =39m.00 Alt.⊙=59 55

Nota. Il sole è un poco più schiarito in quest'ultima prova.

Immersione dal lato del sole.

Piatto piccolo. Veduto da bordo, prof. =29m.0 Alt.⊙=60°00′
» » » » » dalla lancia, prof. =31. 5 Alt.⊙=60°01′

Disco grande. Veduto da bordo, prof. =32m.5

Nota. Vi è riflesso di luce, e si sta presso al mezzodì.

Disco grande veduto dalla lancia. . =38m.5 Alt.⊙=60°2′

Nota. Si sta bene all'ombra.

980. * « Il mare è quietissimo. Il cielo è velato, ma di cirr bianchissimi, i quali colla loro diffusione che fanno da tutte le parti del cielo devono compensare in gran parte la poca quantità di luce diretta del sole che assorbono. Il mare qui era non solo tranquillissimo, ma senza nessuna corrente di sotto, talché i dischi scendevano perfettamente a piombo, senza veruna fatica. Si ripeterono i tentativi coi polarizzatori, ma collo stesso esito di prima. È tanta la tranquillità del mare che può risparmiarsi l'olio, ma pure la polarizzazione non serve: fu mandato in alto sulla coffa un marinajo per sapere se vedeva meglio di noi, ma non ebbe nessun miglior frutto, anzi meno. Così pure il sig. cap. Palomba non vedeva punto meglio di noi stando sulle sartie.

981. * « La tranquillità favorisce assai la visibilità, perché conserva la stabilità della forma degli oggetti e li tiene meno agitati. Il piatto piccolo diviene irregolare per la refrazione e diviene come una stella, e sotto 25 m. non si capisce più di che figura sia. Il foro di due decimetri di diametro fatto nel piatto grande si vede bene fino a 25 m., dopo si perde per la rifrazione, che deformandolo per tutti i versi lo fa coprire dall'immagine degli orli circostanti. L'area però del piatto grande per quanto diventi irregolare essa è sí vasta che non si spezza mai. Essa diviene mal terminata e diffusa per una specie di aureola biancastra che gli si forma attorno, e rimane sfumata come una

nuvoletta, ma cessa di esser visibile solo perché il suo colore si carica tanto che non si distingue più da quello dell' acqua circostante.

982.*« Ho osservato, che mentre nei primi metri poco diminuiva la intensità della luce riflessa dai dischi, negli ultimi essa scemava così rapidamente, che un metro decideva perfettamente dalla visibilità o no (1). Talché nel medesimo esperimento la concordia delle successive immersioni è somma, e, se vi è diversità, questa deriva precipuamente dalle altre circostanze estrinseche differenti come sono il riflesso sull'acqua, l'ampiezza dell'ombra, la quiete dell'acqua, la direzione de'raggi, ec.

983.*« Per le circostanze del mare le osservazioni non potevano esser fatte in condizioni più favorevoli, ma non così per la chiarezza del sole. Si progettò quindi di ripeterle il giorno seguente, se il cielo e il mare fossero favorevoli. Infatti il cielo essendo chiarissimo il dì appresso, fu preso il mare verso le ore 9 ant.

Esperimento 4.°

Sabato 22 aprile.

984.*« Cielo chiarissimo, vento fresco di tramontana e mare un pò mosso al momento dell'uscita dal porto: sole limpidissimo. Il vento andava calmandosi coll'avanzarsi il giorno, e coll'allontanarsi dalla costa. A 10^{or}. 50^{m} già il vento è assai abbonacciato. Si ferma il bastimento a 10 miglia e mezzo a S.O. da Civitavecchia. Si scandaglia e si trova fondo di fanga, ma tendente più al rosso di ieri. Profondità 330 metri: combina con la carta francese (2).

* Principio a tempo medio prossimo 11^{or} 30^{m}. Cielo chiarissimo, mare un poco agitato che impedisce a me di scendere nella lancia, e in mia vece va il sig. cap. Castagnola. Io guardo da piede della scala di sbarco, a 1^{m} circa sopra l'acqua.

(1) Ciò peraltro deve accadere, essendo l'occhio molto cattivo misuratore delle variazioni della luce finchè è forte, ma giudicandole benissimo quando è indebolita.

(2) *Carte particulière des côtes d'Italie* (États Romains) *Partie comprise entre Montalto et la tour Linaro levée en* 1852 *par MM. Brégat et de la Roche-Poncié Ingenieurs Hydrographes de I^{re} Classe ec. et M^{r} Debalat* ecc. Au dépôt-général de la Marine en 1854 ec.

Immersione dal lato dell'ombra.

Piatto piccolo. Visibile da bordo a prof. =32m.0 Alt.☉=59°35′
Dalla lancia e appiè della scala. . . =35m.0 ☉=60° 2′

Piatto grande. Visibile da bordo. . =40m.0 ☉=60° 2′
Dal fondo della scala. . . . . =42m.0 ☉=60°10′

Nota. A 20 metri si vede ancora il foro centrale del piatto grande.

Immersione dal lato del Sole.

Piatto grande. Visib. da bordo. .. . =40m.5 ☉=60°17′
Dalla lancia e sotto diversi angoli di inclinazione di circa 36° presi dal sig. cap. Castagnola . . . . . =42m.5 ☉=60°15′

Piatto piccolo. Da bordo. . . . . =30m.0
Dalla scala. . . . . =31m.0 ☉=60°4′
Dalla lancia. . . . . =31m.0 ☉=60°00′

Nota. Guardando io fra il corpo del bastimento e la imbarcazione sospesa al medesimo dal lato del sole, ma in modo che l'acqua fosse in ombra, riuscii a vederlo fino a 33m.7. Mare limpidissimo sempre, ma un pochino agitato, e cielo chiarissimo. Barometro 765.mm0. Term. 67° Fahr. Nella notte precedente vi era stata burrasca a Genova e in terra ferma al Nord di Civitavecchia.

985. * « Per la chiarezza del cielo questo esperimento potrà servire a correggere quelli di ieri.

* Dai precedenti esperimenti si ricava il seguente quadro che riassume i risultati di tutti.

Profondità a cui cessano di esser visibili i dischi immersi

Disco piccolo

Data e altezza di sole	Da bordo		Dalla lancia		Stato	
	Dal lato del sole	Dal lato dell' ombra	Dal lato del sole	Dal lato dell' ombra	del cielo	del mare
	metri	metri	metri	metri		
Esp. 1. 20 Aprile 31.° 57′	16. 50	. . .	. . .	. . .	vel. leg.	quietissimo
28. 12	. . .	22. 70	. . .	. . .	» » »	» » » »
2. 21 Apr. 38. 52	. . .	24. 75	. . .	30. 00	» » »	» » » »
43. 10	24. 50	. . .	. . .	. . .	» » »	» » » »
43. 48	. . .	. . .	30. 0	. . .	» » »	» » » »
3. id. 2 esp. 58. 23	. . .	31. 50	. . .	. . .	» » »	» » » »
58. 55	. . .	. . .	. . .	31. 50	» » »	» » » »
60. 00	29. 00	. . .	. . .	. . .	» » »	» » » »
60. 1	. . .	. . .	31. 5	. . .	» » »	» » » »
4. 22 Apr. 59. 35	. . .	32. 00	. . .	. . .	chiariss.	un pò mosso
59. 48	. . .	. . .	. . .	35. 00	» » »	» » » »
60. 4	30. 00	. . .	31. 0	. . .	» » »	» » » »
60 0	. . .	. . .	31. 0	. . .	» » »	» » » »

Disco grande

1. 20 Apr. 26. 42	24. 50	. . .	. . .	. . .	vel. leg.	mare quieto
24. 14	. . .	24. 50	. . .	. . .	» » »	» » » »
2. 21 Apr. 42 53	. . .	. . .	. . .	34. 50	» » »	» » » »
47. 54	29. 00	. . .	34. 50	. . .	» » »	» » » »
3 2. esp. 59. 40	. . .	. . .	. . .	37. 50	» » »	» » » »
59. 55	. . .	39. 00	. . .	. . .	schiarito	» » » »
60. 2	32. 50	. . .	. . .	38. 50	» » »	» » » »
4. 22 Apr. 60. 2	. . .	40. 00	. . .	. . .	chiariss.	un pò mosso
60. 10	. . .	. . .	. . .	42. 50	» » »	» » » »
60. 17	40. 50	. . .	. . .	. . .	» » »	» » » »
60. 15	. . .	. .	42. 50	. . .	» » »	» » » »

986. * « Finiti questi esperimenti sursero due dubbi. 1.° La facoltà riflettente dei due dischi pareva essere alquanto diversa, perché uno era con vernice di smalto , e l' altro con vernice ad olio , e si volle sapere quale influenza questa differenza poteva avere nei risultati ? 2.° Il colore in genere degli oggetti quanto poteva influire ?

* A tale effetto, non potendo io trattenermi, furono incaricati i sigg. cap. cav. Palomba e cav. Castagnola di procedere ad alcuni esperimenti, con due dischi fatti a posta ambedue in tela e uno inverniciato bianco come era il piatto grande, l'altro inverniciato giallo d'ocra, e poi vi si aggiunse un terzo di color di

fondo di mare fangoso. Profittando poscia di una gita a Terracina, io stesso feci in faccia al Monte Circeo il confronto diretto tra il piatto di maiolica e quello piccolo di tela inverniciata bianca. I risultati ottenuti da queste nuove ricerche sono esposti nei seguenti quadri.

Esperimento 5.°

A dì 3 maggio 1865.

987.* « La pirocorvetta è a 7 miglia al Sud corretto dal porto di Civitavecchia. Profondità del fondo 118 metri. Fondo di fango. Lo stato del mare è leggermente mosso. Il cielo è chiaro. Tempo medio al principio ore 8 ant., al fine 8^{or}, 57$'$.

Altezza del sole	Indicazione dell'esperimento rapporto al sole	Colore del disco	Profondità fino alla quale è stato visibile	Stato del cielo	Stato del mare
31° 30′	all' ombra e veduto da bordo.	bianco	38. 0	chiaro	un poco mosso
36 2	id.	giallo	21. 0		
38 41	al sole e veduto da bordo.	bianco	42. 0		
39 21	id.	giallo	23. 0		

* Due giorni appresso, a dì 5 maggio, con cielo leggermente velato, stando il bastimento a 6 miglia da terra e rilevandosi Palo per E.N.E. corretto, essendo il mare increspato, si trovò il seguente risultato.

Altezza del sole	Indicazione dell'esperimento rapporto al sole	Colore del disco	Profondità fino alla quale è stato visibile	Stato del cielo	Stato del mare
61° 17′	all' ombra e veduto dal bastimento.	bianco	31. 0	chiaro	increspato
61 34	id.	giallo	17. 0		
62 29	al sole e veduto dal bastimento.	bianco	35. 0		
62 40	id.	giallo	19. 0		

Esperimento 6.°

Risultamento delle esperienze eseguite nei giorni 24 *e* 26 *Maggio* 1865 *con tre piatti di metri* 0,43 *di diametro, uno di porcellana bianco, l'altro di tela verniciato bianco, ed il terzo di tela verniciato color fango di mare.*

Data		Posizione del Bastimento	Distanza da terra	Profondità e qualità del fondo	Stato del Mare	Forza e direzione del vento	Condizione del Cielo	Altezza del Sole	Posizione dell' esperimento	Qualità e colore del piatto	Profondità alla quale si sono perduti di vista metri
Giorno	ora										
	h ′							o			
24 Maggio	11. 21 A.M.	Si rileva il	7	Metri 120	Leggier-	Piacevole	Velato sot-	66 42′	All'ombra	Porcellana bianco	31
»	11. 37 »	faro di Ci-	»	»	mente	da Ovest	tilmente	67 49	»	Tela bianco	29
»	11. 42 »	vitavecchia	»	»	incre-			68 7	»	Tela f.° di mare	21
»	11. 50 »	per N. E	»	»	spato			68 24	Al sole	Porcellana bianco	36
»	11. 54 »	1/4 E.	»	»				68 27	»	Tela bianco	32
»	12. 00 »		»	»				68 32	»	Tela f.° di mare	24
26 Maggio	11. 45 »	A SO del	8	Metri 130	Agitato	Steso da	Chiaro	68 27	Al sole	Porcellana bianco	35
»	11. 47 »	faro di Ci-	»	»	da Sud	SE		68 34	»	Tela bianco	31
»	11. 49 »	vitavecchia	»	»				68 41	»	Tela f.° di mare	20
»	12. 00 »		»	»				68 55	All'ombra	Porcellana bianco	29
»	12. 05 »		»	»				68 55	»	Tela bianco	26
»	12. 10 »		»	»				68 54	»	Tela f.° di mare	19

Esperimento 7.°

A dì 1° giugno 1865.

988. * Cielo chiaro, mare mediocremonte tranquillo. Calati dalla lancia i dischi piccoli, cioè il piatto di maiolica e gli altri piccoli di tela da vele, si ha che quello di maiolica sparisce a 30 m. e quello di tela bianca a 27 m. Quello color di fango a 17 m. Fondo 45 metri, ed è di fanghiglia. Altezza del sole 37° 42′. Distanza da terra 5 miglia, 12 dal Circeo e 10 circa da Astura. Mare un poco biancastro.

* Queste osservazioni messe a riscontro colle precedenti ci faranno rilevare diverse importanti particolarità che ora passiamo a discutere.

PARTE II.

CONCLUSIONI DEDOTTE DAI PRECEDENTI SPERIMENTI

1. *Influenza della grandezza della superficie.*

989. * « Secondo il quadro del n.° 996 risulta che il disco grande si vede comparativamente a maggior profondità del piccolo, ma la differenza è ben lungi dall'essere proporzionale alla diversità della superficie. La superficie del grande è 30 volte maggiore e la differenza di profondità è soltanto di più un sesto della maggiore. Poiché la media delle profondità (esclusa la prima) pel piatto piccolo è 29m. 5, e pel disco grande è 35m.5; il che dà una differenza di 6 m. di più, che è prossimamente un sesto dell'ultima.

990. * « Notammo già fin dai primi esperimenti (n.° 973) che una causa assai influente sulla disparizione del disco piccolo era la sua deformazione, per la refrazione e l' agitazione dell'acqua, che spostandolo quà e là rendeva difficile lo scorgerlo. Il grande all' incontro malgrado le molte deformazioni restava sempre assai ampio e riunito, e non spariva che per mancanza di differenza nella luce riflessa che lo distinguesse dal colore del mare.

991. * « Però si deve tenere a calcolo un altro elemento,

cioè la diversità della vernice del disco stesso. Infatti vediamo nei posteriori esperimenti 6° e 7° che il disco piccolo di tela inverniciata della stessa qualità del disco grande, fu visibile a profondità minore del piatto di porcellana. La differenza è in media $32^m.2 - 29^m.0 = 3^m.2$. Onde negli esperimenti suddetti il disco grande avea uno svantaggio sul piccolo per la chiarezza della tinta.

992. *« Il giorno 3 di maggio nell'esp. 5° (n.° 998) si trova pel piatto di maiolica una profondità maggiore che nei giorni precedenti, arrivando fino a 42 m. col sole alto solo 38°, la quale profondità è pari a quella del piatto grande nel 4° sperimento col sole alto 60°, e supera assai quella ottenuta allora pel piccolo. Sfortunatamente in quel giorno non furono calati simultaneamente il bianco di tela e l'altro di maiolica, e però gli esperimenti non sono comparabili.

* Una qualche diversità evidentemente deve nascere dalla qualità stessa della vernice che nel piatto di maiolica è bensì più nitida, ma diversamente *diffondente* che la vernice di biacca a olio. Nel piatto di maiolica si ha una gran quantità di luce riflessa specularmente dalla prima superficie dello smalto che non penetrando dentro e non essendo diffusa in tutti i versi, ma solo nella direzione dell' angolo di riflessione pari a quello di incidenza, non poteva arrivare all'occhio collocato verticalmente sul piatto nelle prime serie di sperienze, ma per una favorevole posizione del raggio riflesso forse vi potè arrivare nell'esp. 5.°, e cosí rinforzare la luce, e aumentare la profondità. La tela inverniciata a biacca all' incontro poco riflette specularmente e invece *diffonde* la luce incidente per tutti i versi. Lambert valuta la bianchezza assoluta della biacca = 0, 428. Delle maioliche non ho la cifra, ma di alcune è minore sensibilmente. Però la vernice a olio è sempre men candida della biacca a tempra.

* Per vedere pertanto qual fosse la causa di tale diversità, fu fatto l' esperimento sesto e settimo le cui cifre sono entro i soliti limiti, e mostrano che ciò non derivava dalla vernice, ma da altre cause non ben note che diedero quella maggiore profondità in quella osservazione, il cui risultato però non è fuori del limite ammissibile in favorevoli circostanze.

992.*« Meritano attenzione le particolarità che già notammo sopra: cioè il color verdino che da principio hanno gli oggetti immersi, quindi il tirare sempre più al ceruleo a mano a mano che si affondano, finché a certa profondità crescendo il loro cupo color cilestro svanisce l' immagine per divenire eguale al color del mare. Il color verdino che si ha da principio deriva da ciò che a piccola profondità l'acqua marina diffonde ancora un poco di raggi gialli e rossi, come si può assicurare collo spettrometro, ma crescendo la profondità queste due tinte si illanguidiscono assai e resta dominante il verde e gli altri colori più rifrangibili. Crescendo vieppiù la profondità, anche il verde diviene assai povero, e collo spettrometro ci siamo assicurati che restano specialmente molto assorbiti i raggi che stanno presso la riga *b* di Frauenhofer, e rimangono quasi unicamente i colori più refrangibili dello spettro. Ciò spiega il colore dell' acqua di mare a grande profondità, che è un azzurro misto di violaceo. Questo ci fa credere che questi colori così purgati e resi omogenei possano penetrare nel mare a grande profondità, come più estesamente diremo appresso. A questa luce colorata riflessa dall'acqua è dovuto, come è noto, il fenomeno della grotta azzurra a Capri presso Napoli, e dell'altra al promontorio Circeo che presenta lo stesso fenomeno.

993. * « Quando i dischi sono a certa profondità, come di 8 in 10 metri, sembrano tutti sfumati agli orli, e gettano nell'acqua una luce biancastra che forma come un'aureola intorno. Questo è senza dubbio dovuto alla diffusione operata dalla imperfetta trasparenza dell'acqua stessa, e questo stesso fenomeno conferma quello che noi dicevamo or ora, dell'impedimento che trovano a penetrare nell'acqua i raggi rossi e gialli, dalla cui mistura riflessa dipende quel biancastro. A maggior profondità i dischi sembrano nuvolette poco più chiare del mare, dopo di che crescendo la profondità, svaniscono.

* Da questo risulta che la grandezza della superficie arrivata a un certo limite non ha sensibile influenza sulla visibilità, e che sotto l'altezza del sole di 60°, quando si è arrivato a 45 metri di profondità gli oggetti bianchi diventano di colore del mare e perciò indistinguibili.

2. *Influenza dell'ombra.*

994.*« È noto ai marinai che per veder bene in mare bisogna guardare dal lato dell'ombra, o almeno dove non sia riflesso di sole. Questo è troppo ragionevole, perché la luce viva riflessa specularmente impedisce di vedere la più debole degli oggetti che sono nell' interno del mare. Per distruggere questa riflessione Arago consigliò di usare un polarizzatore, e, teoricamente parlando, propose ciò con molta ragione, perché questo strumento molto diminuisce la luce riflessa. Tuttavía in pratica il vantaggio di questo strumento è nullo, perché esso non la toglie mai tutta, atteso il continuo fluttuare dell'acqua che inclina la superficie ad incidenze che non sono quelle della polarizzazione completa.

* Quindi è che questi strumenti non aiutano punto la visibilità degli oggetti in mare, anzi la scemano, perché diminuiscono molto la luce, cioè almeno una metà, che è o riflessa o assorbita dal polarizzatore, e inoltre obbligano a usare un occhio solo, e restringono il campo di visione, per cui noi non li raccomanderemo punto per tale effetto.

995.*« La miglior maniera è di produrre una larga ombra sul luogo dove si guarda. L'estensione però dell'ombra ha qualche influenza, ma non molta, bastando che sia libero dalla luce riflessa il sito ove si spinge lo sguardo. Ciò è provato dal non trovarsi notabile differenza nei risultati ottenuti dal lato dell'ombra della nave e dal lato del sole: sempre ben inteso che si impedisca la riflessione diretta, altrimenti vi è forte diversità, come si rileva dal primo esperimento, in cui la differenza arriva quasi a $^1/_3$ della profondità, e che perciò non fu ripetuto più a quel modo.

996. * « Del resto si comprende facilmente perché vi sia poca differenza da uno o dall'altro lato (sempre ben inteso che si escluda il riflesso dell'acqua). Questo deriva da ciò che il bastimento non pescando più che 4 metri, il raggio solare passava sotto di esso, e andava ad illuminare il disco anche quando stava dal lato dell' ombra della nave. All' incontro nell' esperimento 6° si trova notabile differenza tra quelle fatte dal lato del sole e quelle altre dal lato dell' ombra, perché pare che i dischi sotto acqua stessero nel cono ombroso della nave. Stando

in rada a Terracina con otto metri di fondo circa, si vedevano dal lato del sole i più piccoli oggetti gettati in mare, che non si vedevano punto dal lato in cui erano in ombra.

997. * « Prescindendo pertanto da questo caso che è troppo manifesto, se negli altri esperimenti vi si trova qualche differenza, essa è piuttosto per la grandezza dell'ombra superficiale che per altro, la quale grandezza non può negarsi che non dia qualche vantaggio. Notisi però il caso del primo e quarto esperimento in cui guardando tra l' imbarcazione sospesa e il corpo del bastimento, si riuscì a vedere due metri più sotto che non in altro modo. Questo richiama alla mente quanto dicono i pratici, che guardando lungo il pozzo dell'elica o nel foro del timone si vede a maggior profondità. Ma però il tubo deve essere ampio, per commodità della vista, e abbiamo veduto che tubi angusti non servono. Forse un tubo di $^1/_4$ di metro di diametro sarebbe il più indicato, per riparare la luce d'ogni intorno, ma dovrebbe esser tanto lungo che toccasse l'acqua.

3. *Influenza dell'altezza dell'osservatore sopra la superficie dell'acqua.*

998. *« Questo è un elemento di grande importanza, e da non trascurarsi. In tutti i casi coll'accostar l'occhio all'acqua si ebbe un vantaggio di profondità: la media di tutte le osservazioni comparabili danno:

	Profondità a bordo		
	della Corvetta	della Lancia	Diff.
Disco grande	36. 24	37. 30	1. 06
Disco piccolo	30. 10	32. 50	2. 40

Il vantaggio è superiore pel piatto piccolo, forse perché si diminuiva l' influenza dell'agitazione del mare che spostava l' immagine molto meno da vicino che da lontano. Ma anche pel grande la differenza è sicura. Non rimane poi provato che vi sia alcun vantaggio a mandare in alto sugli alberi l'osservatori come dice Arago. Infatti vedemmo che mentre noi stavamo al basso, il sig. cap. Palomba era sulle sartie, e un marinaio in coffa, e amendue asserirono che perdettero il disco di vista prima di noi. La cagione di ciò sembra essere che i riflessi in alto

sono sempre maggiori, e colà è difficile impedirli, mentre da vicino all' acqua si possono assai diminuire coll' ombra gettata sull'acqua stessa.

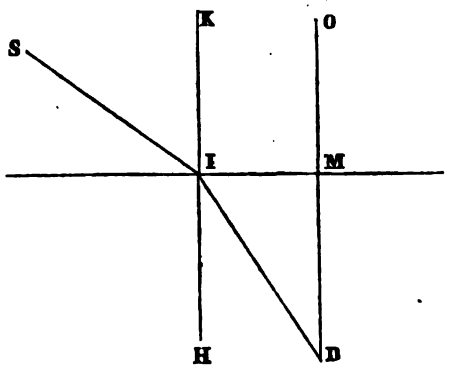
4.° *Influenza dell'altezza del Sole.*

999. *« Questa è manifestissima nelle due serie del 21 aprile, perché all'altezza media di 41°53′ corrispose nel disco piccolo la profondità di 27^{m}.3 e pel grande ad altezza 45°.24′ corrispose la media profondità di 33^{m}.9. Mentre nello stesso giorno ad altezza 59°.39′, si ebbe pel piccolo 32^{m}.2, e pel grande a 59°.52′ si ebbe 36^{m}.7. A questi esperimenti può congiungersi quello del giorno precedente in cui il cielo era sensibilmente lo stesso, cioè, coperto da velo leggero, e si può formare il seguente quadro:

Altezza di sole		Profondità di visibilità	
		Disco grande	Disco piccolo
25.° 43′	. . . .	24.^{m} 5	. . . .
. . . .	30.° 4′	. . . .	22.^{m} 7
45. 24	. . . .	33. 9	. . . .
. . . .	41. 53	. . . .	27. 3
59. 52	. . . .	36. 7	. . . .
. . . .	59. 39	. . . .	32. 2

Talché la *profondità cresce coll'altezza del Sole.*

1000.* « Ma la causa di tale aumento è doppia: cioè primo la maggiore energia de' raggi solari, secondo il diverso tragitto che essi devono fare per acqua per arrivare all'occhio. Questo tragitto non è espresso per la semplice doppia profondità verticale del disco, ma deve determinarsi in ciascun caso dietro l' inclinazione del raggio incidente e rifratto, e l'altro riverberato dal piatto per arrivare all'occhio.



* Sia S il sole che illumina il disco D. Il raggio segue la linea spezzata SID ; il tragitto entro l'acqua è IDM , e arriva all'occhio in O, perpendicolarmente alla superficie del mare. La lunghezza di questo tragitto si trova facilmente.

* Dalla teoría della refrazione si ha

$$\frac{\text{senSIK}}{\text{senHID}} = n = 1{,}343$$

essendo 1.343 l' indice di refrazione dell' acqua di mare dato da Herschel (Traité de la lumière vol. II pag. 279).

* Quindi l'angolo di refrazione si avrà dalla formola

$$\text{senHID} = \frac{\text{senSIK}}{1.343} .$$

Essendo la superficie del mare nel piccolo spazio dell'esperimento sensibilmente piana, avremo HID = IDM, e sarà

$$\text{ID} = \frac{\text{MD}}{\text{cosIDM}} = \frac{\text{MD}}{\text{cosHID}}$$

Così troviamo pei 4 esperimenti principali del disco grande i seguenti valori del tragitto del lume dentro l'acqua :

	Dist. zenit. del Sole	MD	ID	MD + ID
Esp. 1	64.° 17′	24.^{m} 5	32.^{m}98	57.^{m}48
2	44. 36	33. 9	39. 77	73. 67
3	30. 8	36. 7	39. 57	76. 20
4	29. 47	41. 4	44. 56	85. 96

1001. * « L'ultimo esperimento ci insegna, che se la luce fosse tanta allo zenit quanto è a 60° di altezza, il piatto si sarebbe potuto vedere alla profondità corrispondente alla metà del tragitto totale, cioè

$$\frac{85^{m}.96}{2} = 42^{m}.93 \quad \text{ossia a} \quad 43^{m}.$$

Ma dalla fotometria di Bouguer si ha (pag. 160) che la forza della luce a 90° di altezza e a 60° stanno tra di loro come 8123 : 7866, onde supponendo che l'assorbimento sia proporzionale alle semplici profondità, il che è permesso nei piccoli tragitti della luce già depurata, moltiplicando per questo rapporto i 43^{m} , si ha 44^{m}.40 : la quale è la profondità massima a cui

sembra poter esser visibile il nostro disco maggiore nei nostri mari: ossia 45 metri in numeri tondi.

1002. * « Però in genere questa profondità massima non è facile a calcolare esattamente dietro i dati che abbiamo, perchè essa dipende da due elementi molto diversi; e non ben conosciuti che sono in relazione coll' altezza del Sole, cioè dipende dall' assorbimento atmosferico terrestre, e dall' assorbimento dell'acqua marina (1). Sfortunatamente i trattatisti di fotometria non sono punto d' accordo a stabilire la proporzione dell'assorbimento atmosferico (2), il quale sembra esser diverso per i diversi climi, e nulla ci assicura che non sia diverso per ciascuno osservatore; sapendosi quanto sia individuale l' impressione ottica della luce, né potendosi far uso per valutare la radiazione luminosa delle determinazioni di altre radiazioni che sono state recentemente soggetto di esatte ricerche e misure, come sono la calorifica e la chimica.

1003.*« Riserbando pertanto a tempo più opportuno le ricerche fotometriche che sarebbero indispensabili per risolvere completamente il problema, mi limiterò qui a trattare il risultato in massa, come suol dirsi, e supporrò che fra l'intensità della luce solare e la profondità a cui è visibile un oggetto valga la nota equazione data dagli scrittori di fotometria cioè

$$v = Te^{-ax}$$

ove v è la profondità del mare a cui finisce di vedersi l'oggetto, T un coefficiente da determinarsi, e la base dei logaritmi neperiani, a un coefficiente pure costante; x la spessezza dell'atmosfera conclusa dalla nota formola di Laplace,

$$x = \frac{\text{refrazione}}{58.''36 \times \text{sen.dist.zenit.}\odot}.$$

La formola può scriversi

(1) Vi sarebbe un terzo elemento da tener conto cioè la diversa intensità della luce diffusa secondo l' inclinazione della superficie del disco al raggio incidente, che è proporzionale al coseno della inclinazione IMD. Ma questo angolo era assai incerto nei nostri esperimenti pel movimento de'dischi nella discesa, che erano sempre fluttuanti, e quindi l'abbiamo trascurato.

(2) Lambert differisce moltissimo da Bouguer, V. *Lambert Photometria* §.886 ove si trova l'assorbimento verticale $\frac{2}{5}$ mentre Bouguer da $\frac{1}{5}$.

$$\log v = \log T - ax .$$

Ove la costante a si determinerà in modo da adattarsi alle tavole de' logaritmi ordinarii.

1004. * « Discuteremo qui gli esperimenti primo, secondo e terzo che sono comparabili per le circostanze del cielo leggermente velato, e riserberemo il quarto per determinare la correzione da farsi al risultato finale per cagione del cielo velato. Dalle distanze zenitali date di sopra si cavano i seguenti valori

	Quantità della refrazione	Valore di x
Esp. 1.°	121.″7	2.310
2.	98. 7	1.427
3.	34. 1	1.157

quindi le tre equazioni seguenti

$$\log.v = \log.24.^{m}5 = \log.T - a.2.310 = 1.389$$
$$\log.33.\ 9 = \log.T - a.1.427 = 1.530$$
$$\log.36.\ 7 = \log.T - a.1.157 = 1.565$$

* Queste tre equazioni trattate col metodo de'minimi quadrati danno i valori seguenti

$$a = 0.158 , \qquad \log T = 1,752$$

Da queste si rileva che a tragitto verticale, dovendosi fare $x = 1$, si ha:

$$\text{Log.V} = \log.T - a = 1.752 - 0.158 = 1.594$$

il che dà

$$V = 39.27$$

Assumendo la correzione per la chiarezza del cielo dal quarto esperimento, che come vedremo è $4^{m}.70$, risulta,

$$V = 43,97$$

cioè *a sole verticale si vedrebbe a* $44.^{m}$ *di profondità*; valore che combina con quello trovato sopra per altra via.

1005.* Possiamo quindi concludere che una superficie bianca a sole verticale ne'mari simili per trasparenza ai nostri, si perderebbe di vista a 44 m. di profondità, e per largheggiare un poco, a 45 metri.

1006.*Questo risultato ha un vantaggioso riscontro nello sperimento fatto dal cap. Bérard citato al principio di questa memoria

(n.° 961) e vi combina perfettamente, se invece della correzione pel disco grande 4.70 usiamo quella che vien dal piatto di maiolica (*Vedi § seguente*) cioè 0.^{m}14, e la formola darebbe 39^{m}.40 mentre il Berard lo vide a 40 m. Tale riscontro non deve essere accidentale, e mostra che non andiamo errati nelle deduzioni. L'altezza del sole, non è data dal Bérard, ma deve supporsi che fosse assai alto, altrimenti l'esperimento era inutile, e una piccola differenza di altezza poco influisce se il sole è presso al meridiano.

5. *Influenza della serenità del cielo.*

1007. * « Questa, come è naturale, ha una grande influenza essendo che ogni intorbidamento dell'atmosfera assorbe la luce solare, e di più il color del cielo essendo riflesso dall'acqua, ove quello sia biancastro e nebuloso altererà anche la tinta dell'acqua stessa. Noi avemmo nei primi due giorni un cielo leggermente velato a cirri bianchissimi, e ne argomentammo che non dovea fare una grande differenza dal ciel sereno, perchè la luce solare riflessa dal cielo intero poteva compensare quella diretta del sole stesso che mancava. Gli esperimenti fatti il dì seguente mostrarono che realmente il compenso non era esatto, ma che la differenza non era molto notabile.

1008. * « Raccogliendo in media gli esperimenti fatti ad altezza del sole assai prossima nei due giorni, abbiamo:

	Piatto piccolo		Disco grande	
	Altezza di sole	Profondità	Altezza di sole	Profondità
Cielo sereno	59.° 41′	32.^{m} 34	60.° 13′	41.^{m} 40
Cielo velato	59. 39	32. 20	59. 52	36. 70
Diff.	0. 2	0. 14	0. 21	4. 70

Trascurando la piccola differenza delle altezze, avremo la correzione

pel piatto piccolo . . . . + 0.^{m} 14
pel disco grande. . . . . + 4. 70

Talché se anche si volesse tener conto della piccola diversità d'altezza del sole la correzione sarebbe da diminuire un poco. Quindi possiamo dire che essa certamente non supera 5 m.

* È singolare la circostanza, che la correzione pel piatto di maiolica è piccolissima, ma ciò potrebbe derivare da ciò che accennammo dianzi, che per esso la disparizione non era tutto effetto di assorbimento, ma vi contribuiva anche la sua agitazione e il moto continuo, e per esso moto svaniva prima che la luce avesse fatto tutto il suo effetto. Tuttavía se si consultassero per questo piatto gli esperimenti parziali 5 e 6, ne nascerebbe una correzione media di $2^m.8$, ma essi sono fatti in circostanze troppo differenti tra loro di altezza solare e stato del cielo per essere rigorosamente comparabili. Ad ogni modo però tal correzione non diviene superiore al massimo da noi ammesso di 5 metri.

6. *Influenza del colore*

1009. * « Abbiamo riferito a n.° 987 il confronto tra il bianco assoluto e il giallo d'ocra, e il loro paragone è già assai eloquente, poiché il bianco si è veduto a profondità quasi doppia dell'altro; infatti l'esperimento 5° eseguito dai sigg. Palomba e Castagnola con dischi di eguale dimensione ci dà nel caso del cielo sereno in media pel bianco 40 m. e pel giallo 24 m., mentre a cielo velato ci dà rispettivamente 36 m., e 18 metri.

1010. * « Benché fosse evidente che i colori più scuri doveano essere assorbiti più presto, pure per avere un idea precisa, si fece fare dai sigg. cap. Palomba e Castagnola una serie di sperimenti comparativi aggiungendovi un terzo piatto color di fango di mare. Diremo solo di passaggio pertanto che mentre la profondità massima a cui svanisce il bianco è 35 m., pel terroso o fondo di mare appena arriva a 20 metri. La differenza non è tanta quanta sarebbesi potuto aspettare se lo confrontiamo col giallo d'ocra.

1011. * « Non vogliamo trascurare una circostanza che ci viene indicata, ed è che in questi mesi il mare è più trasparente che nell' estate, forse per la minor quantità di animalucoli e altri organismi che vi si sviluppano nella stagione estiva.

1012. * « Il fondo da noi trovato è stato sempre di melma o fanghiglia azzurro-verdognola. Solo al 3° giorno a 330 m., di profondità si ebbe una tinta più chiara, e tendente al rossino, ma di poco. Il sig. conte canonico Castracane col suo squisito microscopio

di Amici a luce monocromatica spettrale, ha analizzato questa materia, ma non vi ha trovato che roba inorganica, o melma (1).

Conclusione generale

1013. * « Dal detto risulta, *che oltre 45 m. di profondità gli oggetti acquistano ne' mari nostri il colore dell'acqua del mare, e perciò sono indiscernibili.* Ciò però non vuol dire che oltre questo limite non si abbia luce, anzi si rileva che alla profondità doppia, cioè 90 m., la luce è ridotta ad esser di quella pura tinta dovuta ai raggi più rifrangibili dello spettro solare a cui è dovuto il colore dell'acqua marina, il qual fenomeno è l'origine delle grotte azzurre.

1014.* « È necessario distinguere bene queste due cose, la visibilità degli oggetti, e la intensità della luce trasmessa e riverberata. La prima cessa quando l'oggetto è spogliato per assorbimento di tutti i raggi eterogenei a quelli che diffonde il mezzo in cui è immerso, perché non avendo altra tinta che quella del mezzo circostante, e in eguale intensità, esso non può più distinguersi dal mezzo stesso che lo circonda. Ma l'intensità della luce residua può ben essere notabile ancora, benché essa sia spogliata di molti raggi colorati dello spettro.

1015. * « Qui ci pare luogo di fare un confronto tra l'assorbimento dell'acqua prodotto nelle tre radiazioni solari che non ci pare fuori di proposito rapporto alla nostra materia, e che servirà a sciogliere qualche obiezione tolta dalla vegetazione marina per provare la grande profondità a cui alcuni pretendono che giunga la luce. L'assorbimento per la radiazione

(1) Quantunque non appartenga a questo lavoro, pure dirò quì due parole per riferire il risultato ottenuto dal barometrografo di Hipp. Esso fu eccellente e ci diede una curva grafica del barometro molto precisa, malgrado l'oscillazione un po' tremula che concepiva lo strumento a bordo, pel moto succussorio della nave a vapore. Quando lo strumento sia destinato alla marina dovrà farsene l'indice meno libero, e basterà che sia stabile come negli ordinarii barometri aneroidi. Noi crediamo che può dispensarsi dall'elettricità, col fare che l'orologio regolatore del tempo batta ogni 5 minuti sulla staffa di pressione con apposito meccanismo. Così semplificato il barometrografo sarà di un sommo vantaggio ai marinai, e li dispenserà dal continuo osservarlo, e verificherà i voti che noi esponemmo nel *Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Coll. Romano* anno 2.° n.° 19, pag. 147. (Roma 1863. ottobre).

termica è fortissimo e sappiamo che l'acqua è uno de'corpi più *adiatermani* che si conoscano. Per le radiazioni chimiche invece l'acqua ha una perfetta diactinità secondo le sperienze di Stokes. La luminosa è intermedia, e và bene d'accordo con queste due, poiché prima resta assorbito il color rosso, onde gli oggetti immersi appaiono verdicci, poi è assorbito il giallo, e cresce la tendenza al turchino, e finalmente resta dominante il turchino e l' indaco col violaceo al qual miscuglio l' acqua deve il suo colore. Collo spettrometro abbiam veduto che il rosso e il giallo sono enormemente indeboliti mentre restano vivissimi i colori più rifrangibili.

1016. « Bouguer e gli altri scrittori antichi di fotometría non fecero questa distinzione, e non rifletterono che l'assorbimento nei primi strati è più energico che nei seguenti, non solo perchè la luce è più energica, ma anche perché è eterogenea ai raggi che la materia diafana può trasmettere. Quest'ultimo assorbimento procede rapidissimo nei primi strati, finché la luce sia feltrata e resa omogenea, ma ridotta a questo stato, cessa tal sorgente di indebolimento, e resta solo l'altra che è propria de' mezzi omogenei. Ciò è stato messo in chiarissima luce da Melloni pel calorico e tutti sanno che ciò si verifica pei mezzi fortemente colorati, e quindi deve anche aver luogo pei debolmente colorati come l' acqua di mare.

1017. * « Bouguer, fondato sull'assorbimento misto di un primo strato d'acqua, asserì (1) che a 256 piedi ossia 83^{m}. 03 l'acqua di mare dovea perdere tutta la sua trasparenza. Noi vediamo invece che a 90 metri la luce è resa soltanto di colore omogeneo a quello dell' acqua e in tale stato essa può penetrare a molta profondità, e ivi agire chimicamente per nutrire la vita degli esseri sepolti in quelli abissi, senza rendere per ciò gli oggetti visibili a noi.

* Le due specie di assorbimento procedono con leggi

(1) *Essay d'optique sur la gradation de la lumière par M. Bouguer* Paris. MDCCXXIX. Chez Iombert. Questo esperimento però e la sua discussione è anche criticata da Lambert. *Photometria* §. 468, poiché egli esagerò l'assorbimento, ed attribuì all'acqua ciò che era proprio delle riflessioni de' vetri in cui era inclusa. Anche Lambert nota che il color verde dell'acqua sturba i risultati fotometrici.

diverse. Quello dovuto all' eterogeneità è variabilissimo e non si conosce la legge nel decremento pei singoli raggi: l' altro procede per via di logaritmica, che è la curva comunemente adottata per calcolare l' assorbimento, come noi sopra abbiamo adoperato. La prima ha il suo tipo nei vetri colorati, la seconda nei vetri puri e incolori.

* L' acqua del mare è una sostanza della prima specie e mentre assorbe i raggi meno refrangibili, lascia il passo ai più refrangibili, (da cui prende il colore) compresi i chimici. Noi ignoriamo la legge di questo assorbimento, e gli sperimenti per fissarla sarebbero delicati e difficili, e il calcolarla con ipotesi arbitrarie è un perdere il tempo. Le nostre sperienze non ci danno altro che il limite a cui la luce di certa intensità riverberata da oggetti di certa tinta, è resa omogenea sensibilmente con quella dell'acqua stessa, e non altro.

1018. * Ma per istabilire il limite della visibilità degli oggetti, che era lo scopo nostro di fissare con precisione, è sufficiente il fatto da noi osservato con tanta cura. Il resto riguarda studi ulteriori che saranno utili certamente alla scienza, ed è da desiderare che vengano intraprese ricerche anche sotto questo importante soggetto.

1019. * In tutto questo lavoro ho sempre messa la restrizione dei mari nostri, perché non ignoro che si dice esservi mari che credonsi trasparenti più assai di questi. Se però ciò sia vero, o no, e fino a qual punto, sarebbe da confermare con appositi esperimenti, essendo come si è veduto, di assai facile esecuzione. Arago non sembra stentare di credere alla grande trasparenza de' mari polari: la mancanza di organismi minuti in que' mari può essere forse causa di maggior trasparenza; ma quelle ricerche meriterebbero di esser ripetute, essendo affatto straordinario il loro risultamento.

1020. * La superficie da noi usata era abbastanza vasta per bastare a non venir spezzata dall'agitazion dell'onda, ma potrebbe domandarsi qual sarà l' effetto di una vastità illimitata quale è quella di un fondo generale? Noi diremo che esso sarà assai piccolo, e vista la rapidità con cui scema la visibilità del piatto giunto a certa profondità, crediamo che pochissimo essa debba influire. Infatti il disco prima di sparire rassomiglia a una

nebbietta solo un poco più chiara del resto, e quel pezzo di mare lo diresti un mare biancastro e non più: supponendo tale nebbia fatta generale, essa non farebbe che diminuire un poco il color cupo azzurro del mare. Si affondi ancora qualche metro e quella nebbia svanisce vinta dal cupo dell' acqua. Se adunque fosse un fondo bianchissimo e vastissimo, forse per l'influenza delle radiazioni laterali sarebbe da accrescersi di qualche metro la profondità, ma non credo che arriveremmo nei mari nostri a 50 e non mai a 60 metri. Ma siamo ben lungi dall'avere in natura de'fondi, che come la biacca abbiano tanta facoltà diffondente. All'incontro il fondo del mare è sempre di color terriccio o verdiccio o al più giallo, e quindi deve perdersi molto più presto come lo dicono gli esperimenti fatti col disco color di fanghiglia e color giallo, che appena arrivarono a vedersi alla metà di profondità de'bianchi. Quindi credo che sia impossibile vedere il fondo direttamente oltre 60 metri, e se il mare perde la sua bella tinta a profondità maggiori di quella, ciò è dovuto ad altre cause, e specialmente alla agitazione delle onde che ne sollevano il fondo e ne intorbidano le acque. »

Roma li 10 Giugno 1865. P. A. Secchi

* Qui termina l'importante lavoro del Secchi, per il quale io me gli professo gratissimo. Esso, in forza degli accurati esperimenti ed in virtù della grande autorità di lui, solidamente puntella il mio e mi fa sicuro dell'esattezza della seguente

Conclusione

1021. * Dopo i fatti qui sopra esposti, i quali si danno la mano e si cementano con gli antecedenti, credo che ognuno debba riconoscere, gradatamente discendendo dalle mediocri alle grandi profondità, che il coloramento dell'acqua sul banco dell'*Agullas* si compone principalmente delle materie di cui è formato, quantunque trovasi in dugento metri di distanza dalla superficie del mare, e che, con esse intorbidata l'acqua, si mostra a noi per effetto di quella medesima causa, che ci fa vedere e sentire quei movimenti particolari alla stessa superficie (910): in una parola che questi come quello sono il prodotto del

lavoro del moto ondoso anche a grandi profondità: fenomeno già avvertito dal Cigno mantovano quando, con piena scienza ed elegante forma poetica, scrisse:

. . . . . *ac venti, velut agmine facto,*
Qua data porta, ruunt, et terras turbine perflant.
Incubuere mari, TOTUMQUE A SEDIBUS IMIS
Una Eurusque, Notusque RUUNT, *creberque procellis*
Africus, et vastos volvunt ad littora fluctus.
. . . . . .
Hi summo in fluctu pendent: HIS UNDA DEHISCENS
TERRAM INTER FLUCTUS APERIT: FURIT AESTUS ARENIS.

Ed il Caro volgarizzò:

Quando quasi in un gruppo ed Euro e Noto
S'avventaron nel mare, E FIN DA L'IMO
Lo turbâr sì, che ne fêr valli e monti:
. . . . . .
Pendono or questi or quelli, a l'ONDA IN CIMA:
Or a questi or a quei s'apre la TERRA
Fra due liquidi monti, OVE L'ARENA
Non men che a i liti si RAGGIRA E FERVE.

Eneide. Lib. I.

CAPITOLO QUARTO

DUE IMPORTANTI CASI NELLA NAVIGAZIONE — PRIMO CASO — METODO USATO IN MARE PER TROVARE LA DIREZIONE E VELOCITÀ DELLE CORRENTI E DIFETTI DI ESSO —— STORIA DEGLI STUDÎ SUL TRASPORTO CAUSATO DAL MOTO ONDOSO — NOTABILISSIME DIFFERENZE TRA IL PUNTO STIMATO E QUELLO OSSERVATO —— TRASPORTI MANIFESTI PRODOTTI DALL'AZIONE DEL MOTO ONDOSO IN ALTO MARE — NUOVI FATTI E NUOVI ARGOMENTI IN APPOGGIO AL GIÀ DETTO —— ECCESSO IN PIÙ E IN MENO DEL VALORE DATO AL RIPETUTO TRASPORTO — ECCEZIONI AL PRIMO CASO —— FORMAZIONE DELL'ONDA — SECONDO CASO E FINE DELL'ONDA —— TRASPORTI MANIFESTI CAUSATI DAL MOTO ONDOSO PRESSO I LITTORALI DELL' OCEANO — DEL MEDITERRANEO —— RISULTAMENTO DA CUI MANIFESTASI IL BISOGNO DI COMPILARE DELLE TAVOLE DI CORREZIONE PER IL TRASPORTO CAUSATO DALLE ONDE.

ARTICOLO PRIMO

DUE IMPORTANTI CASI NELLA NAVIGAZIONE — CASO PRIMO — METODO USATO IN NAVIGAZIONE PER TROVARE LA DIREZIONE E VELOCITÀ DELLE CORRENTI E DIFETTI DI QUESTO METODO

1022. * È tempo di lasciare il fondo del mare, e tornare allo studio dei fenomeni sulla superficie di esso. Io sento; e ciascuno, al pari di me persuaso dell'attiva azione delle onde a gran profondità, deve sentire il peso di esserci tanto tempo trattenuti sottacqua. Ma per gl'increduli, per quelli induriti in un sistema, era necessaria una prolungata immersione. Magári si fossero inteneriti in molle: più facilmente piegherebbersi alla

ragione dei fatti. Checché ne sia di loro, passo ai trasporti di massa liquida che si sviluppano alla superficie del mare notabilmente agitato.

1023. * Il lettore forse rammenterà che fin dai numeri 223 e 224 io accennavo due casi nell' esercizio della navigazione che meritano speciale attenzione, come segni di un gran fatto di occulta causa, da cui vengono tristissime conseguenze. E però promettevo studiare la natura di essi e proporre il modo di provvedervi. Eccomi a renderne ragione.

* Essi casi sono ben distinti: uno è il fluttocorrente al largo; parte principale dell' errore del punto di stima in alto mare: l'altro è il fluttocorrente a terra; causa principale che ad occhi aperti e violentemente mena a rovina sul lido. Questo sempre in azione quando il mare è agitato e non può più liberamente svilupparsi sotto la superficie; quello, soltanto in certe condizioni di vento e di mare. Entrambi avvertiti per i danni ricevuti, ma fin qui non calcolati. Comincerò a trattare del primo.

1024. * Il modo usato nella navigazione per trovare la direzione e la velocità delle correnti, e per rendere ragione della differenza che risulta tra il punto stimato e quello osservato, è a tutt' oggi il seguente.

* « L' azione diurna delle correnti verso il meridiano e verso l'equatore, *telle qu'elle est représentée*, nota Duperrey, è dedotta dalla comparazione della stima della rotta con le osservazioni astronomiche fatte in ciascun giorno per determinare la posizione del bastimento.... *L'erreur de l'estime, telle que nous l' obtenons ici, ne devrait pas être entièrement attribuée à l'action des courants*; ma siccome egli è impossibile di separare la parte che vi possano avere le indicazioni del solcometro e della bussola, e che d'altronde questa parte *est d'autant moindre que l'on prend beaucoup de précautions pour s'en garantir, nous conservons l' hypothèse adoptée ci-dessus, laquelle nous offre, en outre, dans plusieurs occasions le moyen de faire quelques remarques assez importantes sur le mouvement des eaux à la surface de l'Océan.* »

1025. * « Le correnti la cui tavola presenta la direzione e la velocità sono, soggiunge de Bougainville, figlio, *comme tous*

ceux de ce genre, i prodotti *des comparaisons des positions estimées* del bastimento a mezzodì di ogni giorno.»

1026. * E Vincendon-Dumoulin conclude: « Si sa che i mezzi impiegati, per stimare la rotta di un bastimento *ne sauraient tenir compte de l'action qu'exercent les courants sur son mouvement*; da ciò risulta che se il solcometro e la bussola accusassero esattamente l'uno la velocità, l'altra la direzione del bastimento, la differenza esistente dopo un certo tempo tra la posizione del bastimento dedotta dalla stima e la sua posizione vera risultante dalle operazioni trigonometriche *serait due entièrement à l'action des courants.* »

1027. * Questi ragionamenti dei sopra nominati tre precettori, a giusto titolo posti tra i luminari nell'arte di navigare, possono esser esatti nel solo caso che il bastimento non si trovi soggetto al moto di trasporto che nei marosi si sviluppa alla superficie del mare. E siccome questo moto in molti casi esiste e non se ne tiene il conto che merita, così le correnti giornalmente desunte dalla differenza tra il punto osservato e quello di stima, non possono esser sempre correnti ordinarie, quando anche il solcometro e la bussola dessero l'esatta velocità e l'esatta direzione del bastimento. E però Duperrey fa benissimo a classificare il modo in uso per *ipotetico*, accennando a ricavare da esso il mezzo di fare qualche importante osservazione sopra il moto delle acque alla superficie del mare, il che forma appunto l'oggetto di questa mia investigazione.

1028. * Le Serrec ebbe anche egli a notare che la differenza, di cui tratto, non deve *être mise entièrement sur le compte du courant*; accennò inoltre all' influenza che vi può esercitare il moto ondoso, e concluse avvertendo che: « Le correnti determinate nei venti generali sono dunque troppo forti (e fin qui ben diceva): *mais cette connaissance n' importe qu'aux physiciens, car pour les marins, que ce soit la lame, ou que ce soit le courant qui leur donne la différence qu' ils éprouvent, cela ne change point le résultat, seule chose utile pour leur navigation.* » Ma in questa conclusione egli mal si appone.

* Giacché, chi istruirà i fisici della parte che aspetta alle correnti ordinarie e di quella che si deve al fluttocorrente se i naviganti, soli giudici competenti e che si trovano sul posto,

fanno tutto un fascio delle diverse cause di errore e soltanto sotto la colonna *corrente* pongono la ripetuta differenza ?

* Inoltre, le conseguenze di questo errore cadono a danno dei marini stessi, e non dei fisici. Se questi da noi tratti in inganno non diranno il vero nel determinare la direzione e la velocità di una corrente, almeno non compromettono con ciò la loro esistenza e né anche l'onor loro. Ma il marino non deve pensare a se solo, né per un solo viaggio ; egli deve lavorare per tutti e per l'avvenire, e deve rammentarsi che non sono sempre a sua disposizione le osservazioni astronomiche, che gli mostrano quel *risultato*.

1029.* Carlo Ploix ecco come si esprime a questo proposito.

* « Facile egli è il determinare le correnti lungo le rive osservando il trasporto degli oggetti che si possono lasciare galleggiare alla superficie dell' acqua; ma esse non si manifestano al largo che per le differenze che si trovano tra la posizione occupata realmente dal bastimento ciascun giorno e determinata astronomicamente, e quella che esso doveva occupare in seguito della rotta che è stata seguita ed il cammino percorso, indicato dal solcometro dal giorno innanzi. Questo metodo non dà che il risultato delle correnti in 24 ore. Niuna cosa indica che uno sia stato soggetto a correnti di velocità e di direzioni differenti, e si comprenderà ancora quanto questa determinazione è poco precisa, se si vogliono avere a calcolo gli errori, non solamente dell'osservazioni astronomiche, ma sopratutto quelli che si commettono giornalmente gittando il solcometro e stimando lo scaroccio del bastimento in seguito dell' azione del vento e del mare. Osserviamo in oltre che in questo modo non si può giungere che a conoscere delle correnti la cui velocità è sufficientemente notabile. »

* Come ognun vede, anche in quest'opera, pubblicata lo scorso anno, 1863, per ordine del governo di Francia e destinata specialmente a servir di norma ai marini nelle lunghe navigazioni, si critica il modo usato per determinare le correnti, ma si segue la stessa scuola e non si fa punto menzione del moto di trasporto dovuto ai marosi. Le Serrec almeno accenna a questo moto (1028).

1030. * Lo stesso Ploix registra ancora :

* « Si sono serviti pure per determinare le correnti, di bottiglie gittate in mare con le date del giorno e la posizione geografica del luogo ove esse sono state lanciate da bordo. Le bottiglie ritrovate sulla riva al termine di un tempo più o meno lungo, possono dare delle buone indicazioni intorno al movimento dell' acque, ma esse non ne daranno delle esatte *qu'autant qu'un aura déjà des données sur le chemin qu'elles ont pu parcourir, et elles vérifient plutôt des hypothèses qu'elles ne les font naître.* »

* Lo studio delle correnti, aggiungo io, dedotto dalle bottiglie galleggianti alla superficie del mare, ha occupato degli uomini seri, tra i quali citerò soltanto il Becher che nel 1843 ne pubblicava una carta particolare sotto il titolo *Bottle-chart*. Ma perché questo studio potesse fornire un utile risultamento sarebbe necessario aver *dei dati sul cammino dalle bottiglie percorso*, cioè sapere tutti i movimenti parziali e temporanei del mare dovuti alla variabile forza e durata del vento e dei flutti ora in questa ed ora in quella direzione per tutto il tempo da esse impiegato nel viaggio in alto mare. E siccome non ci è permesso di tener dietro a dette bottiglie, fuorviate con facilità in varie maniere, perché lasciate in balìa di quei movimenti, così questo modo di determinare la velocità e la direzione delle correnti, è per me anche più difettoso dell'altro difettosissimo per le lunghe navigazioni di sopra indicato, del quale, dopo i lavori degli olandesi Jansen, Van Gough ed Andrau, si è giunti a dire che *les observations thermomètriques sont un guide bien plus certain pour déterminer les courants océaniques que les différences entre les points observés et les point estimés*!

1031. * Dimostrato difettoso il modo in uso per condurre il punto di stima e quello per determinare le correnti nel giornaliero esercizio della navigazione, tanto con la differenza tra il punto di stima e quello osservato, quanto con l' indicato uso delle bottiglie, vediamo che cosa si è fatto fin qui per riparare a questi difetti, e che cosa resta a fare per provvedere, in modo efficace, alla rettificazione del punto di stima e ad una conveniente classificazione delle correnti.

ARTICOLO SECONDO

STORIA DEGLI STUDÎ SUL TRASPORTO CAUSATO DAL MOTO ONDOSO

1032. * Abbiamo veduto che Leonardo seppe discernere, per alcune volte, anche moto di trasporto di acqua nell' onda oltre a quello di propagazione (195); ma questa importante verità fisica, come tante altre di Lui, era restata sepolta.

1033. * I naviganti di ogni classe si sono spesso trovati in mezzo ad un movimento di trasporto *inconcepibile* per gli stessi suoi piccoli e grandi effetti, il quale, anche ai più eruditi e meglio forniti di mezzi, ha di tanto in tanto cagionato notabile differenza tra il punto osservato e quello di stima o rilevato, e ciò quantunque ognuno di essi, ed in modo più speciale questi ultimi, abbiano posto ogni cura nell' uso della bussola, del solcometro o misuravia, dell' orologio a polvere, nel valutare lo scaroccio, l'urto delle onde ed il trasporto delle correnti propriamente dette che io chiamo ordinarie.

1034. * Finalmente il signore di Goimpy, tre secoli dopo Leonardo, ha scorto pur egli nell' onda il trasporto di cui si tratta, e per il primo, per quanto è a mia notizia, vi ha di proposito diretto il suo studio e la sua esperienza, e dal risultamento dell' uno e dell'altra ha composto delle tavole ad uso della navigazione; ma fin qui senza verun frutto. Quindi con molta ragione scriveva per un caso simile il chiarissimo Keller che *il ne suffit pas de proposer une réforme, le plus difficile est de la faire adopter; nous savons, en effet, par expérience que l' idée la plus utile peut être longtemps méconnue.* Così è accaduto di quella del Leonardo e del de Goimpy!

* La brevità e più la rarità anche in Francia dello scritto del de Goimpy a cui alludo (5), che ha per titolo *Remarques sur le pilotage*, mi hanno consigliato a riprodurlo qui per intero, nella parte a questo argomento dedicata.

1035. * « Tutto quello che aumenta la sicurezza della navigazione, egli dice, si colléga alla prosperità pubblica, e diviene interessante per l' umanità; possono dipenderne i beni dei

particolari, e la vita dei cittadini. Sarebbe mai permesso di riservare per se e di tener nascoste le idee che si credono utili?

. . . . . .

1036. * « Nella pratica del pilotaggio si suppone che il solcometro o misuravia (*bateau de lock*) cioè quel piano triangolare che si butta in acqua, resti immobile; non gli si attribuisce moto che nei tempi procellosi (*gros temps*); allora si aumenta d'alcun poco il cammino, ciò che si chiama *donner à la lame*. Ma la superficie dell' acqua non ha ella sempre un movimento dipendente dal vento? Quale ne è la quantità? Volendo approfondire lo studio della costruzione, sono stato obbligato di esaminare l'azione dell'onde, e specialmente quella dell'acqua agitata dal vento. La teoría dei fluidi di Newton mi ha dato alcune idee. Egli è ben difficile di trattare alcuna cosa di cui non si trovi qualche germe nelle opere scritte. Sul mare sono stato in grado di estendere queste idee, di verificarle, e di cercarne un'applicazione. Ecco i risultati che io ho dedotti dalla teoría e dall'esperienza.

* « Nuova teoría per il solcometro. La superficie dell' acqua prende una velocità che sta a quella dell' aria o del vento in ragione inversa delle radici quadrate delle loro densità, ossia come uno sta a ventinove. Questo deve essere il principio della correzione del cammino dato dal misuravia.

* « Il vento nelle tempeste ha una velocità di 100, 110, 115 piedi all' incirca. Musschembrock la trova molto minore; ma questa velocità da me trovata colle mie esperienze, combinata colla densità del vento, si accorda molto meglio con i suoi effetti prodigiosi; io crederei pure che, quantunque nelle tempeste non oltrepassi i 115 piedi, egli è possibile che negli uragani arrivi fino a 150 piedi per secondo.

* « Il vento, in mare libero, solleva delle onde che hanno più di 24 piedi di altezza; quando il vento ha 100 piedi di velocità per secondo, le altezze delle onde sono come i quadrati della velocità del vento.

* « Suppongo la densità dell'acqua da 784 a 841 volte maggiore di quella dell' aria, le radici della quale sono 28 e 29. L'errore nella supposizione di questi rapporti è di poca conseguenza.

* « Questi risultati possono rapportarsi a delle vedute utili per la conoscenza dei fluidi, ed hanno molte differenti applicazioni.

* « Prima regola. Segue da questi principî che si deve supporre il solcometro mosso da una quantità eguale al ventottesimo e al ventinovesimo della velocità del vento, o piuttosto da una quantità eguale alla velocità che prende la superficie dell'acqua.

* « Non vi è dunque difficoltà per determinare questa quantità, se si conosce la velocità del vento in mare libero.

* « Si può quindi determinarla pure coll'altezza delle onde.

* « Il solcometro dovendo essere *transporté sous le vent* di questa quantità, quando si cammina *vent arrière* bisogna aggiungerla tutta intiera al cammino del bastimento dato dal solcometro. Seconda regola. Nelle altre rotte bisogna prenderne una porzione la quale stia alla correzione per il vento in poppa, come il coseno dell' angolo fatto dell' onda colla chiglia sta al seno totale.

1037. * « Siccome vi è qualche difficoltà nel calcolare la velocità del vento, si può supporre che, nello stato presente della costruzione, un eccellente veliero prenda *vent arrière*, quando ha tutte le sue vele di fuori, un terzo circa della velocità del vento; e un cattivissimo veliero, un sesto od anche meno.

* « Non deve nemmeno supporsi, a cagione delle diminuzioni delle vele e dei diversi gradi di forza del vento, che un buon veliero non prenda più di $^3/_{10}$ della velocità del vento, e un cattivo veliero la metà del cammino di un buon veliero; di maniera che, col vento in filo bisogna aggiungere $^1/_8$ al cammino che fanno i buoni bastimenti, $^1/_6$ a quello dei cattivi bastimenti da guerra, e circa un quarto per i cattivi velieri dei bastimenti mercantili, come ve ne sono sempre nelle flotte.

* « Non è da temere che la densità dell' aria supponendosi essere a quella dell' acqua come 1 a 576, o 1 a 1000, ne risulti qualche differenza nella correzione. Egli è ben vero che il bastimento che prende un terzo della velocità del vento supposto di $^1/_{800}$ della densità dell'acqua, ne prenderà di più se il vento non è che $^1/_{576}$, il cammino del bastimento sarà maggiore presso a poco d'un settimo, e la velocità della superficie

dell' acqua sarà altresì maggiore d' un settimo ; il che fa che il cammino è ugualmente corretto.

* « Si osserverà che un bastimento il quale cammina male , come quello che prende una piccola parte della velocità del vento, è indifferente che ciò avvenga per la forma, o perché andrà con poche vele e a secco ; è sempre la medesima correzione dipendente non dal cammino del bastimento , ma dalla velocità della superficie dell'acqua, e che non viene riferita al cammino del bastimento *que comme à un indice pour la reconnaître.*

* « Ecco una Tavola da servire d'esempio per queste correzioni :

Vento supposto all'Est, e la rotta o cammino di 100

Rotta	Bastimento da guerra buon veliero	Correzioni	Bastimento da guerra da compagnía
O	$12^1/_2$		$16^2/_3$
$O^1/_4NO$	$12^1/_4$		$16^1/_3$
ONO	$11^1/_2$		$15^1/_3$
$NO^1/_4O$	$10^1/_4$		$13^2/_3$
NO	$8^3/_4$		12
$NO^1/_4N$	$6^3/_4$		$9^1/_2$
NNO	$4^3/_4$		$6^1/_2$
$N^1/_4NO$	$2^1/_2$		$3^1/_3$
N	0		0

Seguito della Tavola precedente

Vento supposto all'Est, e la rotta o cammino di 100

Rotta	Bastimento da guerra cattivo veliero	Correzioni	Bastimento mercantile pessimo veliero
O	21		25
$O^1/_4NO$	$20^1/_2$		$24^1/_2$
ONO	19		23
$NO^1/_4O$	17		$20^1/_2$
NO	15		$17^1/_2$
$NO^1/_4N$	12		14
NNO	$8^1/_4$		10
$N^1/_4NO$	4		5
N	0		0

* « Supponendo la velocità del bastimento eguale, vento addietro o vento largo, e la velocità della superficie dell'acqua molto piccola relativamente a quella del bastimento nelle rotte oblique.

* « Si avrà maggiore esattezza se pongasi attenzione alla differenza ordinaria nel cammino de' bastimenti col vento in poppa o largo, e se si consideri il cammino della superficie dell'acqua come paragonabile a quello del bastimento; locché mi ha indotto a sostituire la Tavola seguente:

Vento supposto all'Est, e la rotta o cammino di 100

Rotta	Bastimento da guerra buon veliero		Bastimento da guerra da compagnía
O	$12^1/_2$	Correzioni	$16^2/_3$
$O^1/_4NO$	12		16
ONO	$10^1/_2$		$13^1/_2$
$NO^1/_4O$	8		$10^2/_3$
NO	6		8
$NO^1/_4N$	$4^1/_2$		6
NNO	3		4
$N^1/_4NO$	$1^1/_2$		2
N	0		0

Vento supposto all'Est, e la rotta o il cammino di 100

Rotta	Bastimento da guerra cattivo veliero		Bastimento mercantile pessimo veliero
O	21	Correzioni	25 vento in poppa
$O^1/_4NO$	20		24 a $^1/_4$ del vento in poppa
ONO	17		21 a $^2/_4$ o due arie di vento
$NO^1/_4O$	13		16 a 3
NO	10		12 a 4
$NO^1/_4N$	8		9 a 5
NNO	5		6 a 6
$N^1/_4NO$	2		3 a 7
N	0		0 a 8

Quest' esempio può servire per le altre rotte, perchè il N.O. determina solamente una rotta distante di quattro rombi dal vento in poppa, e così degli altri.

* « Si scorge che quando si va in convogli mercantili col vento in poppa, essendo questo il caso che riunisce la più gran parte di cattivi velieri, bisogna fare una correzione molto forte; la presente basterebbe appena nei grossi tempi.

1038. * « Quantunque per porgere un metodo facile io abbia riferite queste correzioni al cammino del bastimento, non pertanto lungo le coste vi è una diminuzione a questa velocità della superficie dell'acqua paragonata a quella del vento; e questa correzione viene indicata dalla diminuzione dell'altezza dell'onde (*lames*): per la qual ragione credo miglior partito il farvi attenzione.

Vel. dell'acqua piedi per sec.	Vel. dell'onda piedi per sec.	Vel. del vento piedi per sec.	Alt. dell'onda piedi
4	21 2/3	115	32
3 3/4	20 1/2	108	28
3 1/2	19	100	24
3 1/9	17	91	20
2 3/4	15	81	16
2 1/2	13 1/3	70	12
2 1/4	12	63 1/2	10
2	11	57	8
1 3/4	9 1/2	50	6
1 5/9	8 1/2	45 1/2	5
1 3/8	7 1/2	40 2/2	4
1 1/4	6 2/3	35	3
1	6	28 1/2	2
0 2/3	3 4/5	20	1
0 5/9	3 1/3	16	0 8 poll.
0 2/3	2 1/10	11 1/3	0 4

* « Ho detto che vi è rapporto tra la velocità dell'acqua e l'altezza dell'onde; ho creduto utile di darne qui una tavola.

* « La velocità del vento non ha questo rapporto se non quando la sua densità è di circa 1/800 di quella dell'acqua; ma

proponendo di giudicare della velocità dell'acqua dall'altezza dell'onda, ed essendovi un rapporto diretto e costante dell'una a l'altra, la velocità del vento non entra in questa comparazione, che per renderla più completa e più curiosa.

* « Per servirsi di questa Tavola bisogna sapere che 5 piedi per secondo sono per un'ora una lega e $^1/_{20}$ di più; così se si osservi che l'onda (*lame*) ha un piede d'altezza, si concluderà che il solcometro è trasportato di $^2/_3$ di piede per secondo, e in una giornata il cammino del solcometro sarà lo stesso come se fosse trasportato 24 volte di più durante un'ora, o di 16 piedi per secondo durante un'ora; ciò che fa 3 leghe e $^7/_{20}$ da aggiungere al viaggio stimato, se si è fatto col vento addietro.

1039. * « Bisogna dunque addizionare queste correzioni quando vi è una differenza sensibile nell'altezza dell'onda (*lame*) dopo di averle moltiplicate ciascuna per il numero delle ore durante le quali la velocità della superficie (*le courant*) viene supposta essere la stessa, ovvero una volta per ogni *quarto* (o guardia) della giornata, e si avrà la quantità totale indicante il trasporto del misuravia.

Esempio del modo come devono eseguirsi queste correzioni.

Vento d' Est, Rotta all'Ovest

	Altezza dell'onda	*Velocità*	*Per VI ore*
Da 12 ore a 6 ore	1 piede	$0^2/_3$ piede	4 piedi
Da 6 ore a 12 ore	4 piedi	$1^1/_3$ p.	8 piedi
			Per IV ore
Da 12 ore a 4 ore	10 piedi	$2^1/_4$	9 piedi
Da 4 ore a 8 ore	24 piedi	$3^1/_2$	14 piedi
Da 8 ore a 12 ore	24 piedi	$3^1/_2$	14 piedi

* « Cosicchè il cammino da aggiungere è di circa dieci leghe e mezzo per 24 ore.

* « L'esempio riportato qui sopra vale per il vento in poppa. Se si cerca largo, o piuttosto l'onda essendo obliqua alla rotta, si eseguirebbe la correzione come sopra alla pag. 13 all'art. 9 (ossia in fine del mio n.° 1036) nel rapporto del coseno di quest' angolo alla rotta.

* « Si vedrà senza dubbio con rincrescimento che anche questa è una cosa di stima, e che rimane ancora molta parte da fare al colpo d'occhio, ma qnesta stima verrà perfezionata dall'uso. Si può restare ingannati molto sull'altezza delle onde senza che ciò accada per il vento in poppa.

1040. * « Lungo le spiaggie una stima approssimativa, fondata su queste considerazioni è sufficiente, almeno può riconoscersi il pericolo che vi sarebbe servendosi d'un solcometro *qui serait exact en le jettant à l'eau.*

* « Si saprà che con le flotte, quando si va col vento in poppa, bisogna, se uno vuò attenersi ad una stima, come si è pratticato fin qui, non dare a ciascun nodo del solcometro che 41 piedi e 8 pollici; se si ha molto vento in poppa questa stima sarà ancora troppo poca; se si ha molto vento largo, e di traverso, sarà troppa. Si hanno dei termini di paragone per le correzioni.

* « Io ho determinato queste tavole per il caso del vento di traverso alla rotta, perché di bolina, lo scarroccio che deve considerarsi, complica questa correzione d'una maniera variabile. Siccome questo caso ha bisogno di alcune verifiche, io non ho voluto parlarne nello stesso tempo. L' azione dell' onda sulla sagola del solcometro spinge questa al bastimento, per quanto ho potuto accorgermene, d'un 80mo della velocità del vento *d'une belle mer*, e del doppio di *une grosse mer*: allora io credo che il solcometro possa essere spinto al bastimento per un sesto del cammino stimato in un bastimento in cui si abbiano *les ris dans les huniers*, e il mare da prora, perché l' idea che si ha del misuravía andando di bolina, nel qual caso si crede che bisogni diminuire *du chemin estimé*, non è vera se non in quanto si abbia un solcometro troppo corto e un bel mare; è una osservazione questa che ho sempre fatta col tempo buono: io non credo che il solcometro venga spinto per più d' un quindicesimo.

* « Si può sempre pel momento attenersi a questa osservazione, ed aggiungere sempre al cammino stimato di bolina un quindicesimo in un buon veliero con bellissimo mare, un decimo se manca una delle due circostanze, ed un sesto con mare grosso.

* « Io non ho preteso parlare delle correnti particolari, ma della stima generale del cammino: vi sono anche delle correnti momentanee, alcune che si riferiscono al sole e alla luna, altre la cui origine è una furia di vento a qualche distanza, *dont la hauteur des lames sert même alors d' indice*: tutto questo ha tuttavía bisogno d'osservazioni, che io farò se ne avrò occasione. »

1041.* Sembrerà incredibile, riprendo ora io, eppure è così: mentre tutti confessano il bisogno di perfezionare la navigazione di stima, giacché neanch' uno ignora che non si può sempre servirsi delle osservazioni astronomiche, e che anzi in alcuni luoghi ed in certe stagioni il cielo è coperto per mesi interi: mentre tutti riconoscono che vi deve essere un altro elemento di correzione d' aggiungere nel calcolo di essa stima, tuttavía, niuno fino ad ora ha introdotto l' uso delle citate tavole, e niuno si è seriamente occupato per togliere in esse i difetti.

1042. * Io vedo che nemmeno al tempo del loro autore se n' è fatto uso; eccone le prove.

* Circa tre anni dopo la publicazione dello scritto del de Goimpy, il de Courtanvaux, nel suo viaggio scientifico, del quale fecero parte Pingré e Messier, destinato precisamente a correggere i difetti nell' arte del pilotaggio, confessa che la « *principale cause de la fausseté de l' estime* deve essere un incognito moto di trasporto, che egli nomina *courans sous l' eau*, le quali *accélèrent, retardent et modifient* il moto apparente del bastimento, *sans que l' on puisse en avoir le moindre indice*: quindi i naviganti, *obligés de recourir à cette méthode faute d' une meilleure* (cioè all' uso ordinario di correggere la stima), *reconnaissent-ils souvent des erreurs énormes duns l' estime de leur longitude: on a vu ces erreurs s' accumuler jusqu' à 7 à 8 degrès, c' est-à-dire, jusqu' à 100 lieues marines, et quelquefois même au-delà.* » Eppure il sig. di Courtanvaux non cita il de Goimpy, né fa uso delle sue tavole

* E qui è d' avvertire che non si può credere che egli ignorasse la scrittura del de Goimpy, giacché essa era stata pubblicata in virtù di favorevole rapporto fatto all' *Accadèmie des sciences par M. Le Monnier et Bezout.*

1043. * Così pure, non più tardi di tre anni dopo, in un altro viaggio di eguale scopo scientifico diretto dal de Kerguelen Tremarec, si confessa il medesimo difetto nella navigazione di stima, si avverte che si è *souvent traité* di esso, ma non si fa uso delle ripetute tavole. Soltanto questo navigatore aggiunge in nota, a piè di pagina, che *M. de Goimpy, Capipitaine de fregate, a aussi donné des Remarques très-intéressantes sur le Pilotage.*

1044. * L'operoso d'Eveux de Fleurieu, molte volte già da me rammentato in questo libro, due anni dopo il citato de Kerguelen pubblica il suo importante viaggio scientifico, ordinato anche esso col precipuo scopo di migliorare la navigazione; nota, secondo il solito, il difetto nella correzione della stima; riconosce che *les Officiers ne doivent pas négliger les moyens qui peuvent concourir à la perfectionner*: giacché *on sera toujours forcé d'y-avoir recours*: riconosce che l' *agitation des vagues, soumises à la direction du vent et à l' action des courants, quelquefois pousse le bateau de Lock vers la poupe du navire, et d'autres fois l' en éloigne*: ma non suggerisce alcun metodo per correggere questo difetto, né cita le tavole del de Goimpy e nemmeno il nome di lui. Pingré, anche in questo viaggio, era a bordo come astronomo.

1045. * Contemporaneamente un navigatore inglese, il Phipps, il cui viaggio al *polo boreale* fu tradotto in francese da de Meunier sotto la revisione del citato de Fleurieu, si occupò espressamente a correggere nel punto stimato la misura del cammino del bastimento, e non mancò di notare che i movimenti prodotti nel *bateau du Lock* dalle onde, erano *les plus importantes causes* degli errori nella stima; egli credette che, usando il nuovo solcometro inventato da Bouguer, si sarebbero corretti *entièrement, parce que l' agitation de la mer, causée par les vents, ne se fait pas sentir au delà de la profondeur à laquelle descend le plongeur*; cioè da 50 a 60 piedi (m. 16 a 19): se non che, quantunque l' esperienze del Phipps, al dire di Lalande, *eurent assez de succès*, i susseguenti esperimenti del detto solcometro hanno provato che, in questa parte, la credenza del distinto capitano inglese fu erronea, perché le correnti possono agire in profondità ben maggiori, e perché

noi abbiamo veduto a qual notevole distanza dalla superficie si comunicano i movimenti dell'acqua componenti i marosi (642).

1046.* Tre anni dopo del navigatore inglese, in un quarto viaggio ordinato dal governo di Francia nello scopo scientifico degli antecedenti, eseguito sotto gli ordini del de Verdun de la Crenne, ed ove ebbero parte de Borda e Pingré, si cita la scrittura del nostro autore e si conclude: *Quant à l'action des courans, aux accélérations occasionnées par la force ou la direction des vents, et aux autres objets de même nature discutés dans le Mémoire cité de M. De Goimpy, il nous parait que c'est à l'expérience seule à les apprécier; et dans les voyages ordinaires cette expérience est bien équivoque.*

1047. * Ma intanto che fece egli, o per meglio dire, che fecero eglino, per illuminare e rendere positivo il risultamento dell'esperienza? Nulla; cioè non adottarono le tavole di de Goimpy, non le confutarono, non le corressero, e per conseguenza la navigazione col punto stimato restò sempre come era, troppo erronea. E pure in allora anche un gran matematico e distinto marino, don Giorgio Juan, aveva già avvertito *quanto era pericoloso in mare trascurare la più piccola cosa*; e qui si trattava di cosa ben grande e tanto grande d'aver molta parte nella creazione di quella grave sentenza che poscia Arago dettò, cioè: *l'erreur de l'estime est la cause principale des naufrages*; sentenza giusta e che l'Arago stesso, in conferma dell'*importance* di essa, l'appoggiò ai seguenti *resultats statistiques*:

* « *Dans la marine anglaise, il se perd, en moyenne, plus de cinq cents bâtiments par an* (*trois navires tous les deux jours*).

* « *Depuis Dunkerque jusqu'à Saint-Jean-de-Luz, il se perd en moyenne* 88 *bâtiments par an!* »

* Il risultato statistico dell'Arago lo trovo confermato dalla Carta dei naufragi (*Wreck chart*) nelle isole britanniche, per gli anni 1852, 3, 4, 5 e 6, compilata dall'ammiragliato inglese ed inserita nel *Report from the select Committee on Harbours of refuge*; 1857.

1048. * Io non ho avuto intenzione in questo racconto di condannare l'operato degli illustri navigatori sopra citati, ma, dirò con Mottez, *j'ai seulement voulu montrer que si l'on s'explique bien les phénomènes qui se passent journellement, l'on peut souvent agir efficacement là où un autre ne trouve rien à faire.*

1049. * Circa trent'anni erano decorsi dopo il de Verdun de la Crenne, senza che più si citasse il lavoro del de Goimpy, quando in parte venne nuovamente ricordato dal de la Coudraye: dico in parte perché sembra che questi non possedesse la scrittura da me riprodotta (1035 e seg.); ma solo quanto il de Goimpy, in succinto, aveva di essa pubblicato nel suo trattato sulla costruzione dei bastimenti. Ecco difatto come si esprime il de la Coudraye.

1050. * « Il sig. conte de Goimpy, offiziale della marina reale di Francia ha pubblicato un trattato sulla costruzione dei bastimenti, nel quale ha parlato del rullio (*roulis*) e ha detto qualche cosa delle onde (*des vagues*), siccome quelle che lo producono. Ha introdotto in quest' opera una tavola dell' altezza, della larghezza e della velocità delle onde, fissate sulla velocità del vento. È dal principio di Newton ch'egli ha dedotto la lunghezza delle onde e la loro velocità. Questa tavola, che io ho esaminata e verificata sul mare, è lungi dal presentare dei risultati certi. Nonpertanto mi sembra conveniente di riportarla com'è, perché non si slontana di troppo dalla verità nelle condizioni ordinarie dei mari liberi, e perché può servire di base ai naviganti che vorranno studiare e perfezionare questa parte delle nostre cognizioni.

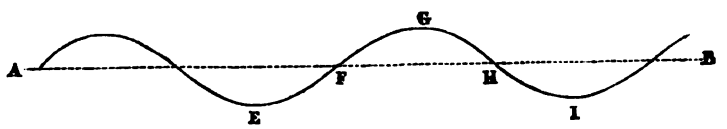
Tavola delle onde, le densità del vento e dell' acqua essendo come 1 *a* 784.

Veloc. del vento per secondi	Veloc. dell'acqua alla superficie	Altezza delle onde	Lunghezza delle onde	Velocità delle onde	Altezza dell' acqua sulle coste
piedi	pi., cent.	pi., cent.	pi., cent.	pi., cent.	pi., cent.
7	0, 25	0, 12	0, 60	1, 30	
14	0, 50	0, 50	1, 30	2, 70	
21	0, 75	1, 25	6, 00	4, 00	
28	1, 00	2, 00	9, 30	5, 50	
42	1, 50	4, 58	21, 00	8, 30	
56	2, 00	8, 00	37, 50	11, 00	1, 00
70	2, 50	12, 50	59, 00	13, 80	1, 70
84	3, 00	18, 00	85, 00	16, 50	2, 50
98	3, 50	24, 08	113, 00	19, 20	3. 50
112	4, 00	32, 00	150, 00	22, 00	4, 50
128	4, 50	40, 50	190, 08	25, 00	6, 00

1051. * « Il sig. de Goimpy ha supposto nel calcolo di questa tavola la densità dell'aria a quella dell' acqua nel rapporto di 1 a 784 , ed io penso che in pieno mare, dove questa densità ha molto minore varietà che in terra, la si può considerare ordinariamente come di 1 a 850 ; di maniera che dietro il suo principio le dimensioni delle onde si avrebbero sempre esagerate. Nonpertanto siccome non è vero che le onde abbiano un rapporto costante colla velocità del vento , accadrà al contrario che spesso le loro dimensioni siano al disotto della realtà. Quindi è che le onde (*lames*) di 24 piedi d' altezza non sono rarissime , quantunque il vento che abbia una velocità di 98 piedi per secondo , ossia circa 21 leghe marine all' ora , sia prodigiosamente raro. Il sig. de Goimpy dà al vento una velocità più grande di quella che gli si attribuisce comunemente, e su ciò credo ch' egli abbia ragione, come si è asserito in una teoría dei venti premiata dall'accademia di *Dijon* nel 1785 ; ma egli ha spinto troppo quest'aumento di velocità.Giammai il vento ha la velocità segnata nelle ultime linee della sua Tavola , e molto meno quella di 140 piedi ch' egli gli accorda negli uragani.

1052. * « Io aveva per la correzione della tavola del sig. de Goimpy alcune note che sono rimaste in Francia , e che ho grande rammarico di non poter qui presentare alla Società Reale : procurerò ciò nonpertanto supplire a talune, con quello, che mi si presenta alla memoria. Egli asserisce, per esempio, di aver trovato che il rapporto tra l'altezza e la lunghezza delle onde è quello del seno-verso di 45° al doppio di questo seno. Le mie misure non avevano niente di simile, e il ragionamento è quì d' accordo con l' esperienza per dimostrare che deve essere così. In fatti è necessario che le acque abbiano una grande estensione in superficie per l' intiero sviluppamento delle onde; ora i limiti del vento, anche quando è violento, sono considerevolmente variabili. Se questi limiti sono ravvicinati e ristretti tra venti differenti, le onde sono precisamente nello stesso caso che dentro un mare attraversato da terre , e quindi non possono per questo acquistare le dimensioni , e specialmente la lunghezza , di cui sono capaci ; quindi trovansi qualche volta in pieno mare nell'oceano *des lames clapoteuses*.

* « Egli è certo che la lunghezza delle onde è quasi sempre più che quadrupla dell'altezza, e che spesso è in una proporzione molto maggiore, ma egli sarebbe un abusare della voglia di parlare geometricamente l'enunciare questi rapporti così variabili sotto espressioni matematiche. Lo stesso sig. de Goimpy non ha potuto non riconoscere che la forza del vento ed i flutti accidentali turbavano la regolarità dell' onde ; che quando il vento soffia da A verso B, l' onda EFGIII è lungi d'avere in natura una curva regolare, la di cui sommità G sia ad eguale distanza da E e da I. Il vento che impaccia l'elevazione perpendicolare dell'onda prolunga il lato EG che si trova a sopravvento, e il lato sottovento è allora più corto, e cade maggiormente a piombo.



* « Io aveva trovato la colonna della velocità delle onde molto difettosa. Secondo lui, per esempio, un' onda di 24 piedi d'altezza che ha 113 piedi di lunghezza, non ha che una velocità di 19 piedi e 20 centesimi per secondo. Quindi bisognerebbero quasi 6 secondi a quest' onda per la sua oscillazione, mentre che la sua durata reale non è che di circa quattro secondi e due terzi. Dunque quest'onda ha una velocità almeno di 24 piedi e 21 centesimi, invece di 19 piedi e 20 centesimi.

* « L'ultima colonna della tavola del sig. conte de Goimpy esprime l'elevazione perpendicolare dell'acqua che viene prodotta straordinariamente sulle coste dagli sforzi combinati da un forte vento che soffia dal largo e dall'impulso lontano delle onde, elevazione che non è dubbia, ma di cui io non posso dire nulla per mancanza d'osservazioni. »

* — Questo vuoto qui non esiste; poiché un gran numero di osservazioni ho io raccolto nell' articolo decimosecondo del secondo capitolo (391 e seg.) —.

1053. * Ho voluto qui riprodurre per intero anche la critica del de la Coudraye perché la credo in gran parte ragionevole,

perché rende giustizia al pensiero ed al lavoro del de Goimpy, perché mostra la possibilità di correggere le ripetute tavole, perché conviene sull'utilità di esse, e perché in fine non è facile procurarsi la memoria del de la Coudraye, quantunque abbia veduto per due volte la luce.

1054. * Un inglese, uomo di mare, versato nell'arte sua, e scrittore di essa sotto il pseudonimo di Argonauta, nel 1835 pubblicava sull'argomento un articolo, da cui si può desumere lo stato di questa questione in Inghilterra in quel torno di tempo; ed io credo che sino ad oggi non siasi fatto un passo di più, anche in quella marittima nazione. Ecco l'intiero articolo di lui che fa capo con un brano di Arnott.

* « Quel che segue è stato recentemente estratto dall'opera del D.re Arnott come correzione d' un errore popolare.

* « Generalmente si crede che l' acqua s' avanzi da se stessa con la velocità dell' onda; ma in fatto è la forma soltanto che s'avanza, mentre la sostanza, eccettuato un piccolo sprazzo (*spray*) della cima, rimane sullo stesso posto, innalzandosi ed abbassandosi secondo le leggi del pendolo. Ma quando un'onda si distende sopra un basso fondo o sul lido, l' acqua diviene realmente progressiva, perché allora, non potendosi abbassare direttamente, si accavalla in avanti cercando di livellarsi. »

* « Nessun dubbio, che quest' idea del progredimento della massa dell'acqua colla forma dell'onda (seguita a dire l'autore dell'articolo) sia un errore. L'esperienza però dimostra che il vento ha generalmente un doppio effetto sulla superficie dell' acqua: esso non solo genera un movimento ondulatorio, ma una porzione dell' acqua (non solamente lo sprazzo superiore) da esso sollevata acquista un certo grado di deflusso (*fluency*).

1055. * « Il capitano Tuchey citando l'opera di quell' illustre e pratico marino ch' è il capitano Horsburgh, dice: In una tempesta l' Oceano è irto di tremendi marosi, ossiano innalzamenti montagnosi di acqua, ognuno de' quali si slancia con furiosa rapidità, finché la sua cima arrivi ad una smodata elevazione, dalla quale necessariamente si precipita per forza di gravità, e per l'accelerazione acquistata nella discesa sospinge innanzi la massa d'acqua immediatamente a se davanti.

* « Quella parte di effetto di cui si accagiona il moto di trasporto (*drift*) sulla rotta di un bastimento può forse dirsi non toccare la questione, cioè che il corpo del bastimento possa esserne influenzato, come lo è altresì dalla forza del vento contro ogni parte del legno esposto, e quindi esso può cadere a sottovento, ossia scarrocciare, senza esservi nessun deflusso nell'acqua. Non ne segue però, perché le onde e il vento agendo sopra il bastimento vi cagionino un movimento laterale o di sottovento, che non vi possa essere deflusso nell'onde stesse. Non vi è dubbio che negli uragani dei tropici, o meglio nelle furie di vento seguite da marosi (*or indeed in violent gales, attended with heavy seas*), una porzione del fluido d'ogni onda progredisca più o meno: quest'azione è chiaramente visibile all'occhio quando l'onda si ripiega sopra sé stessa e scorre in avanti producendo una quantità di spuma e gittando sprazzi per l'aria. Questo deflusso può fino a un certo punto agire sul legno così bene come l'azione meccanica dell'onda quando urta contro il corpo di esso, e come la pressione del vento.

*« È ben noto che il maroso in tempesta acquista tal momento nel suo moto progressivo, che incontrato dalla resistenza del corpo d'un bastimento, il cozzo che si danno è così potente da scuoterne ogni fibra; e noi sappiamo di un braccio d'àncora strappato via da uno di questi ripiegamenti dell'onde ad un vascello da settanta quattro (*and we have known one of the arms of a seventy-four's power anchor snapped off by one of those curling and topping waves*).

* « Ma siamo pronti a concedere che questo deflusso d'una porzione dell'acqua incombente, sotto l'aspetto della velocità, non ammetta proporzione con quella della forma dell'onda che dal D.r^e^ Wollaston è stata calcolata progredire in ragione di sessanta miglia l'ora (442). È probabile frattanto che la specie d'onda chiamata dai marinari *a swell* (ondeggiamento che precede o segue una tempestà) acquisti alcun piccolo deflusso: quest'onda agisce verticalmente sopra un bastimento, e non giunge a costituirsi in cima conica come il maroso (*and does not come to a conical head as the sea does*); e sebbene un legno in tempo di calma, o di maretta un po' cattiva, scarrocci, questo movimento può forse essere attribuito più all'impulso di rullare

impressogli dall'azione dell'onda, che a deflusso (o movimento di traslazione) dell'acqua: sembra ancora doversi ragionevolmente dubitare se lo strato della superficie si muova in avanti nella direzione della forma dell'onda; ma questa è questione che richiede conferma, e noi crediamo che sia stata fin qui considerata raramente ed in astratto. (Ed è pur troppo così, aggiungo io!)

1056. * « L'idea che le onde abbiano qualche grado di trasporto è evidentemente generale tra i marini, trovandosi generalmente scritto, *drift of the sea*, trasporto del mare, e qualche volta, *heave of the sea*, palpito, sforzo per elevare, o vomito del mare. (Io dovrò tornare sul valore di queste voci).

* « Noi non abbiamo mai avuto sott'occhio nessuna relazione d'esperimenti per determinare questi punti: ma possiamo qui assicurare in sostegno dell'opinione nostra, che parlando di ciò con un'esperimentato uffiziale di marina, che è stato quasi costantemente in mare negli ultimi 28 anni ed ha per tre volte circumnavigato la terra, egli ci ha decisamente detta la sua opinione, cioè che in tutti i casi, rispetto ai flutti durante le tempeste, le onde acquistano più o meno deflusso (*that in all cases, with respect to heavy seas during tempests, the waves acquire more or less fluency*). »

ARTICOLO TERZO

NOTABILISSIME DIFFERENZE FRA IL PUNTO STIMÀTO E QUELLO OSSERVATO

On doit préciser les faits avant de tenter de les expliquer.

A. DE HUMBOLDT

1057. * Nel chiudere l'articolo nono del capitolo secondo ho detto che gli effetti del moto di trasporto nei flutti ivi dimostrato ci si appaleserebbero anche nell'esercizio della navigazione (354). Eccoci al caso.

1058. * De Bougainville, figlio, ha raccolto per differenti paraggi un certo numero di esempi di questi sorprendenti trasporti, che però essendosi verificati in varie direzioni nel corso

di molti e molti giorni di navigazione, si sono in guisa tale compensati che han dato in fine un punto di stima, quasi egualmente corretto come quello dedotto dalle osservazioni; mentre, se gli errori della stima *se fussent accumulées dans le même sens*, la somma si sarebbe elevata *à plus de* 13 *degrés*, come dall'esempio da lui citato.

* Il detto navigatore appropria il felice risultamento delle indicate compensazioni all'*éxistence des contre-courants*; esistenza che io, per taluni luoghi, non pongo in dubbio, anzi ammetto che possa derivare da cause estranee al moto ondoso del mare: mà sono convinto che nel maggior numero dei casi, a questo moto si debba l'errore del punto di stima. Errore che non sempre si compensa, anzi troppo spesso si accumula!

1059. * De Ulloa ancora aveva pur egli notato simili esempi di compensazione, ma aveva di più avvertito che alcuni naviganti mentre si credevano di aver passato il capo *de Hornes* e di scorrere presso le coste del mare del Sud, *ils ont découvert celles de Buenos-Ayres et du Brésil.*

* E la causa di questi gravissimi errori per me è chiara. Nel passaggio del capo di *Horn* la direzione dominante e regnante del moto ondoso è da ovest, quindi, trascurato interamente il moto di trasporto delle onde sferzate da forte vento, non si è in essi quivi verificata l'indicata compensazione.

* Chi possedesse i giornali di navigazione di quegli esempi, ed avesse tempo di farne un minuto spoglio, non dubito punto che troverebbe confermato il sopra accennato mio convincimento.

ARTICOLO QUARTO

TRASPORTI MANIFESTI PRODOTTI DALL'AZIONE DEL MOTO ONDOSO IN ALTO MARE

1060. * Al rilevante numero di esempî registrati dai sopra nominati autori, io qui ne aggiungerò degli altri in aumento ancora di quelli, che ho già pubblicati nella prima edizione, e che torno a pubblicare per rendere sempre più manifesto il trasporto dovuto all'azione del moto ondoso anche in alto mare.

1061. * Cook credeva al detto trasporto, e ne teneva

conto, come vedremo tra poco. Un giorno egli notò che « dei pezzi di ghiaccio, grandi e piccoli, derivavano (*drifted*) sollecitamente all'Ovest. « Io sono persuaso, egli aggiunge, che ciò era prodotto da una corrente che portava da questa parte; giacché il vento doveva produrre poco effetto sopra il ghiaccio, *molto più*, si noti bene, *che una grande onda* (*a large hollow swell*) *veniva dall' Ovest.* » Questo gran navigatore tra i due termini *Lee-Way* e *Drift*, sceglie questo secondo per significare l' effetto della corrente ; che in italiano è Dêriva. Sebbene in inglese ed in italiano non sempre usata con proprietà, ma sovente confusa tra noi collo scarroccio, e tra gl' inglesi col *Lee-Way*. Anche i francesi spesso confondono questi due effetti, usando una sola voce.

* Il medesimo Cook in una traversata dal *Cap Palliser*, della *Nouvelle Zélande*, al capo *Horn*, ha trovato che le *vaisseau était de* 8 *degrés en avant de notre éstime* ; cioè più all' Est di questa quantità in un mese di tempo ; ed egli non manca di avvertire che ebbe però *continuellement des vents du S.O. au N.O, et une grosse mer*. E perciò *drift* o deriva all' Est.

1062. * I discepoli di lui ammettevano anche essi il moto di trasporto nelle onde. J. King ci dice :

* « Noi profittammo di una specie di calma per pescare. *M. Bligh plaça sur la sonde, un petite caque, par* 65 *brasses* (m. 119), *et il trouva que le vaisseau faisait route a* $N^1/_4 N.E.$, *et un demi-mille par heure. Il crut que c' était l' effet d' une longue houle du Sud, et non pas d'un courant.* »

* Lo stesso King in un' altra circostanza notò che il bastimento per tre giorni si era trovato avanti il punto stimato di venti miglia ogni ventiquattr'ore, e che *ne pouvant attribuer cet effet en entier, aux vagues de la mer, nous l'attribuâmes aussi à un courant.* Il che ammette anche nell' onde il moto di trasporto.

1063. * Marchand, in un giorno, nel canale di Mozambicco, verificò che il bastimento *bien loin d'avoir été emporté dans le Sud, l' avait été, au contraire de* 17 *minutes, ou* 5 *lieues deux tiers, dans le Nord : ce qu'on pouvait attribuer à une forte houle du S.O. qui avait dû porter vers ce côté.* »

E sappiamo per cosa certa che in quel canale la corrente regnante porta al Sud.

1064. * Romme, dallo studio profondo fatto sulla materia, dedusse che : *Les vents qui règnent sur la surface des mers élèvent leurs eaux et poussent les lames, qu' ils grossissent, dans le sens de leur mouvement.* Più lungo tempo essi soffiano dalla stessa parte, più il loro effetto sopra le onde diviene considerevole, *et plus les eaux se trasportent et entraînent les vaisseaux à de grandes distances pendant un temps déterminé.*

1065. * Hall, nel paraggio al Sud del capo di Buonasperanza, ebbe ad osservare che :

* « *En supposant au courant* (corrente ordinaria e ben nota) *la vitesse la plus modérée et toutes les circonstances prises en considération , un navigateur quelconque aurait pu croire avec raison, que pendant les cinq jours qui s'écoulent depuis le* 24 *mai au* 28 *inclusivement, son navire avait dérivé, emporté par le courant, de cent milles au moins vers l' Ouest. Cependant, d'après les chronomètres, il fut facile de s' assurer que nous avions été portés, non comme d'ordinaire vers l'Ouest, mais en réalité vers l'Est, à une distance de plus de cent milles : ainsi, dans moins d' une semaine, il y eut dans l'estime une erreur de plus de deux cents milles.* » E quale fu la causa di questo grande errore ? Un furioso vento di *ouest*, il quale anche disperse la flotta, di cui il citato Hall faceva parte.

1066. * Da un' osservazione all' altra in tempo forzato , de Roquefeuil si trovò 29 miglia più all' Ovest del punto stimato. Questa differenza in vero non è molto notabile, ma essa lo diviene se poniamo mente che egli la trovò *malgré qu' on eût largement alloué pour la dérive pendant les trois jours écoulés depuis les dernières observations.* Il vento ed il mare venivano dall'E.S.E.

1067. * D'Urville, questo illustre navigatore, nel traversare la parte dell' Atlantico compresa tra la *Prayà* e il porto *du Roi-Georges* ha notato che egli incontrò sovente delle forti correnti; *les plus violents eurent lieu du* 11 *au* 19 *juillet* 1826, la loro azione non fu mai *au-dessous de* 31 *milles par jour*, essa giunse fino *à* 40 *et* 50 *milles* in ventiquattr'ore. La loro direzione variò *successivement de l'E N.E. à E.S.E. au S.E., et sauta ensuite*

brusquement au S.O. et à l' O.S.O. » Ora quale fu lo stato del mare ed il vento in quei giorni ? Nelle tavole delle rotte e dell' osservazioni meteorologiche della Corvetta leggiamo per il vento *S.O.* e *S.S.O*, e per il mare *Houle* ; anzi nel testo il vento è qualificato per *faibles brises*, ma il mare per *grosse houle.*

* Dunque per me la indicata differenza tra il punto osservato e quello di stima non fu l'effetto di una corrente ordinaria. Di quelle che tutti conosciamo, e tutti troviamo negli stessi luoghi e negli stessi tempi: ma l'effetto del trasporto cagionato dal moto ondoso. Il deflusso, il *fluency* inglese; la deriva causata dal fluttocorrente come io la intendo e deve essere in italiano.

* Dal 19 in poi il vento passò al S. E. e con esso il brusco cambiamento della così detta corrente; il che conferma il mio assunto.

* Lo stesso navigatore nella traversata dal porto *Jackson à l' anse de l' Astrolabe*, ebbe ad osservare : « Nel corso dei primi otto giorni, non esperimentammo che *des faibles brises du S.E. et de l' E.S.E.* È *très-singulier*, che nonostante questa direzione del vento, la corrente continuò *d' abord de nous porter considérablement au S.E.*, giacché essa fu nel giorno 20 di 20 miglia al S. 51° E. ; il 21 di 49 miglia e mezzo al S. 25° E., e il 22 di 37 miglia e 5 decimi al S. 74° E. *Sans doute les ondes superficielles de la mer conservaient encore l' impulsion qu' avaient dû leur imprimer les vents du N. violents, qui avaient soufflé peu de temps auparavant.*

1068. * Clark Ross il 24 luglio 1840, in latitudine 47° 55′ S. e longitudine 83° 31′ E. Green., maneggiò vento più moderato, *tuttavia sempre dall'ovest.* E dopo di essersi occupato a far notare una sorprendente differenza di temperatura quivi rinvenuta nella superficie del mare, e della quale io parlerò a suo luogo; ci avverte ancora che il vento erasi girato al S. O. e che soffiava con *molta forza* (*with a strong south-westerly gale blowing*), e di frequenti cadeva la neve.

* Il 26 cioè due giorni dopo, essendo in lat. 47° 12′ S. e long. 89° 45′ E., così si fa a dire. « Con le nostre osservazioni fatte a mezzo giorno *ci trovammo* 58 *miglia all'Est della*

nostra stima mostrando ciò l' intensità della corrente negli ultimi due giorni, da che lasciammo l' isola di *Kerguelen*. »

* Egli qualifica per corrente la causa di questa differenza all' Est tra il punto stimato e quello osservato; ed io in vece credo doversi al fluttocorrente creato dal *forte vento dall' O. e dal S.O.*, e tanto più lo debbo credere in quanto che egli al certo tenne scrupoloso conto degli altri elementi che entrano nel calcolo della stima.

1069. Il vascello di S. M. britannica il *Winchester*, leggo in Rodriguez, *dopo forti venti da ponente... burrascosi di S.O. che soffiarono per più giorni* . . . , e nel 10 luglio con venti varianti dal N. all' O., osservò che *la corrente nel periodo di 24 ore lo aveva trasportato per 130 miglia a levante*. Il *Winchester* trovavasi a 7° di latitudine N. ed a 26° di longitudine O. di *Greenwich*. « In questo paraggio, soggiungerò con lo stesso Rodriguez, il generale risultamento delle osservazioni, comunque non raggiunga una grande precisione, pure si accorda nel medio a dar gli effetti di 7 a 9 miglia al giorno di trasporto alla corrente *procedendo all'ovest*. » Niuno potrà dubitare dirò ora io, che a bordo di quel gran bastimento da guerra tutti gli elementi di stima non fossero tenuti a calcolo colla maggior precisione possibile, e che perciò le 130 miglia di anomalìa non si debbono accagionare a difetto di buona stima dello scarroccio, né a quello di accuratezza sul cammino dedotto dal solcometro, né a negligentata imperfezione della bussola, né a disattenzione del timoniere. In una parola tutto mi fa credere che quel trasporto fu principalmente dovuto ad un movimento speciale di massa alla superficie dell' acqua nella direzione del vento. Ora come poter spiegare per corrente ordinaria tutto quel trasporto in si breve tempo ? Se C. Philippe de Kerhallet notava, parlando della corrente di Mozambicco, ove al dir di Marco Polo: *il mare corre sì forte a mezzodì, che appena si potrebbe tornare*, la cui velocità è tra 18 e 28 miglia in ventiquattro ore, ma da alcuni capitani *trouvée de 139 milles, dans de circostances particulières*, notava dico che *il n'y a pas d'éxemple d'une pareille vitesse de courant, si ce n'est pour le maximum de vitesse observée dans le Gulf-stream*, quanto più notabile, o per meglio dir stravagante, sarebbe il fatto del

Winchester accagionandolo a corrente ordinaria, ove la corrente regnante ha direzione opposta a quella del trasporto da lui sperimentato ?

* « *La connaissance intime*, osserva de Humboldt, *que nous avons aujourd'hui de la multiplicité de ces courans, ou fleuves pélagiques, de différentes températures, qui traversent la grande vallée longitudinale de l'Atlantique, offre une éxplication facile de la dérive extraordinaire, vers l'ouest, qu'éprouvait la petite escadre de Cabral.* » Ma si può dir lo stesso per il fatto del *Winchester* ? Esso è precisamente, sotto ogni rapporto, all'opposto. Quindi quel trasporto si deve al fluttocorrente, sviluppato dalle onde in causa dei *forti venti da ponente* ... tempestosi di libeccio, *che soffiarono per più giorni*.

1070. Dal de Tessan si deduce che la fregata la *Venere* il giorno 10 aprile 1837 essendo nella latitudine 49° 46′ S. e nella longitudine di 80° 46′ O. di Parigi, si trovò trasportata di miglia 30,7 nella direzione di S. 80° E. in 24 ore. Niun dubbio al certo si può avere che, come a bordo del vascello inglese così a bordo della fregata francese, non siasi tenuto scrupoloso calcolo de' soliti elementi di stima. Anzi si deve credere che il trasporto totale della fregata sia stato di miglia 47,5 dal quale dedotti sette decimi di miglio l'ora per il trasporto dovuto al maroso, dal de Tessan ammessi in simili casi, come tra poco dirò, è restato quello di 30,7 classificato da lui per corrente: che senza altra aggiunta vuol dire ordinaria.

Da speciali e convenienti esperimenti fatti dalla fregata stessa, si deduce che in quel paraggio la corrente ordinaria va verso il Nord. Difatti il 4 aprile nella latitudine 57°16′ S. e longitudine 84°35′ O. il de Tessan riferisce che in tempo perfettamente calmo, mentre il bastimento non aveva *aucun mouvement par rapport à l' eau de la surface*, fu gittato il piombino sino a 3720 metri di profondità, e *la ligne est restée parfaitement à pic* ; ma il bastimento *était alors emporté vers le N. 2° E. avec une vitesse d' un demi-mille à l' heure* ; quindi egli ne dedusse una corrente di 12 miglia in 24 ore in quella direzione, e si persuase che *ce courant est un courant de masse*, per lo meno fino a quella profondità partendo dalla superficie del mare. Il 16 ed il 24 dello stesso mese nelle

latitudini di 43 e di 34 gradi Sud furono ripetuti gli scandagli a profondità di 1780 e 290 metri, e sempre *la ligne est restée parfaitement verticale, quoique le bâtiment fût, sans aucun doute, porté vers le nord, comme dans les jours précédents... avec une vitesse d' un mille à l'heure environ : ce qui prouve encore que ce courant est un courant de masse et non pas uniquement un courant superficiel.* Questi esperimenti di corrente, fatti con un metodo preferibile ad ogni altro, in circostanze favorevolissime e poco prima e poco dopo il 10 aprile, mi provano adunque che il bastimento nel giorno in cui cade la mia ricerca, si trovava in una corrente di grande altezza dalla superficie a basso, dimodochè non può *être considéré*, come osserva Arago, *comme une simple rivière superficielle d'eau froide*, ma si deve ritenere come prodotta *par une section considérable des mers polaires, marchant majesteusement du sud au nord.*

Dopo ciò come poter spiegare per corrente ordinaria, e porla tra le altre realmente conosciute per tali, quel trasporto in 24 ore di 31 miglio al S. 80° E., cioè in direzione normale alla corrente dominante, la quale, inoltre, per essere di acqua fredda e di gran massa non facilmente cede all' azione del vento ? Ma se passo a consultare lo stato del mare e la direzione del vento nel giorno preso ad esame ed in quelli antecedenti ad esso prossimi, io trovo per me una evidente causa a quel fenomeno. Il mare fu *houleuse* e *grosse* ed il vento nella media direzione di ovest in generale *bonne brise*, *frais* e *grand-frais*. Così essendo, i flutti, in questo caso di grosso mare e forte vento, animati di trasporto di massa alla superficie, trasportarono il bastimento nella loro direzione nella totalità di miglia 47,5, e non di 16,8 come il de Tessan ammetterebbe.

1071. * Il Piddington, energico ed abile uomo di mare, come lo qualifica il Reid, con molta sana critica si fa ad indagare la causa delle notabili differenze tra il punto di stima e quello osservato, e la scorge principalmente nel moto dei flutti.

* « È un fatto, egli dice, ben ovvio e noto ad ogni marino e pilota del canale della Manica che i bastimenti d'ogni specie, non esclusi quelli da guerra, sien essi nel miglior modo comandati e manovrati abilmente (*most ably commanded and*

ably managed), posti alla cappa in sulla sera col loro punto ben determinato, con vento fresco (*gale*) da Ovest sulli scandagli (*in soundings*), o più innanzi del canale suddetto, è un fatto ben ovvio che tali bastimenti si trovano nella mattina dalle cinquanta alle ottanta miglia ed anche più all' Est di quello che potrebbero ammettere le più larghe e più accurate concessioni (*the largest and most careful allowances*), dipendenti dall'angolo e quantità dello scarroccio (*for leeway drift*) e dall' azione delle maree. Quindi ad onta di tutte queste precauzioni, si trovano essi gettati, per così dire, o naufragati (*nearly thrown or wreched*) sulle isole *Scilly*, ovvero sulle coste di Francia o d'Irlanda . . . . . »

* E questi fatti or dico io, spiegano la frequenza dei naufragi ivi notati dall'Arago (1047); frequenza nuovamente provata anche dalla *Wreck chart* sulle coste inglesi per il 1863. E però il Piddington passa ad avvertire.

1072. * « Il marino non mancherà di rammentare quanta influenza l'onda di tempesta può avere sulla sua situazione in luoghi dove, come nel Canale britannico, una tempesta (*a storm*) proveniente dall'Ovest porta con se una vasta massa di acqua (*brings with it a vast mass of water*) da un grande Oceano come l'Atlantico, dimodoché con vento fresco (*gale*) dal Sud all' O.S.O., egli si trova trascinato all'Est da qualche fin qui IGNOTA MA FATALE CORRENTE (*he finds himself set far to the eastward by some hitherto unknown but fatal current*). » Ecco la corrente straordinaria, perché sin qui non riconosciuta esplicitamente da tutti. Ecco appunto il mio fluttocorrente.

1073. * Egli, il Piddington stesso, per questi straordinari trasporti, richiama l'attenzione su tre forze, l'onda di tempesta, la corrente di tempesta e lo scarroccio cagionato dal vento (*three forces, the storm wave, storm current, and the drift occasioned by the wind*). E, secondo lui, questi trasporti producono un errore di cinquanta a cento miglia, o più, in 24 ore.

1174.* Deplora che questi errori, e le triste conseguenze che ne conseguono, passato il pericolo, non servono di avvertimento ad altri che agli individui che l' hanno côrso, e che gli esempi non raccolti *periscono* e sono perduti con loro e per la scienza nautica (*it operates merely as a caution to the individuals, and*

the instances not being collected die out, *and are lost with them, and nautical science*).

* E quindi argomenta e propone come appresso:

* « Quando si è tenuto il più accurato conto della corsa e dello scarroccio del bastimento, facilmente si troverà al termine del vento fresco (*gale*), vale a dire nella prossima osservazione per mezzo della quale esattamente è determinato il punto del bastimento, quanto il punto di stima differisca da quell' osservato, e da ciò noi dovremmo allora aver ragione della marea. . . . per conoscere correttamente quello che noi dobbiamo stabilire come onda di tempesta o corrente di tempesta. Se questo extra scarroccio (*extra drift*) si trova nella direzione della tempesta (*storm*) noi possiamo supporlo l'onda di tempesta. Se poi si trova nella direzione del vento, una differenza per esempio di 48 miglia al S. O. dell'osservazione dopo un vento fresco da N. E. di ventiquattro ore, può allora benissimo riferirsi alla corrente di tempesta. » — Questo fenomeno di straordinario trasporto è sempre il mio fluttocorrente del quale renderò anche più particolarmente ragione in seguito. —

1075. * Il Keller ancora accenna chiaramente a questi trasporti, e ne vede la vera causa, ma temo che egli la trovi soltanto quando il bastimento è presso il lido.

* « Nelle onde dovute al vento, egli dice, *les gains de flot* (ancora il mio fluttocorrente) presenta un' ordine di fatti *remarquable*: così in luogo della stima congetturale dello scarroccio prodotto dall'impulsione dei flutti su i bastimenti, *l'évaluation des gains de flot donnerait la dérive exacte* alla superficie del mare e alle profondità della chiglia, *selon la hauteur de l'onde et le brassiage* (dunque non in alto mare), e si potrebbe così formare *une table des dérives* (che io chiamerò di trasporto o di deriva perché questo moto sia distinto da quello dello scarroccio) *pour tous les tirants d'eau des bâtiments.* »

1076. * Ci avverte il Duperrey, che secondo i calcoli del Keller, *cette dérive, suit une progression rapide* a misura che la profondità dell' acqua diminuisce e che l'altezza dell' onda aumenta. Ed il fatto, aggiungo io, conferma questa teoría, come vedremo a suo luogo.

1077. * Ora, ognun vede dai sopra registrati fatti che

questi oltra scarrocci, queste onde di tempeste o correnti di tempesta ovvero questi *guadagni* o *vincite* di flusso, come chiamar si vogliano, sono reali e potenti trasporti che altamente compromettono la navigazione perché non calcolati, ma non sono correnti ordinarie. Tuttavía fino ad oggi tutte le differenze tra il punto osservato e quello stimato sono come correnti ordinarie, registrate nei giornali di navigazione (dal 1024 al 1031) e come tali accettate dagli autori che del fenomeno delle correnti si occupano: e qui stà l'errore. Giacché l'esistenza, la direzione e la forza di esse non è affatto costante, ma sibbene variabile come è di sua natura variabile la durata, la direzione e la forza dei marosi e dei flutti in alto mare, da cui quei trasporti o differenze interamente dipendono quando essi sono colà incalzati dal vento. Presso il lido poi non è più necessaria la permanente azione del vento; quivi il moto ondoso ha sempre con se moto di trasporto, come esso ha sempre una finale direzione paralella o quasi paralella al lido istesso. Il seguente articolo svilupperà parte di queste mie osservazioni, e confermerà l'importanza di esse; le altre saranno sviluppate quando tratterò del secondo importante caso disopra notato (1023).

Egli è però che io concludo per i fatti qui registrati, e per la lunga serie di altri eguali o simili da me ignorata, che conveniente spiegazione al fenomeno del caso primo (1023) può solo trovarsi nell' ammettere rilevante moto di massa alla superficie dei marosi, ed in questo caso, anche ove la profondità del mare permette ad essi libero sviluppamento per ogni verso.

1078. Ritengo inoltre per certo, che in tempo di fortuna, cessato il vento che ha prodotto i marosi, e sottentratone all'istante un altro egualmente violento in direzione opposta, se sempre non cessa subito l' ondulazione, cessa però sempre, quasi istantaneamente, alla superficie il trasporto progressivo in massa nella direzione del vento che regnava. Du Guay-Trouin racconta che un gran vento di nord avendolo gettato sulla costa presso *Saint Malo*, era per far naufragio, quando il vento tutto in un colpo saltò al sud, e che questo cambiamento placò subito la tempesta e l'agitazione de' flutti. *Comment*, dice Minard che riporta questo fatto, *comment concevoir cet effet, si le vent n'avait pas une action directe sur les vagues* ?

1079.* De Bougainville, figlio, ha registrato, che il brigantino francese il *Gustavo* era stato sul punto di perdere corpi e beni sotto la batteria di *Cavite, où il talonnait déjà*, allorquando il vento, *sautant à l'Est* con lo stesso furore *qu'il chargait auparavant en côte*, lo riportò *miraculeusement* al posto da ove esso *l'avait arraché*.

1080. * D'Urville era sul punto di far naufragio per forza di tempesta presso la baja *de l'Amirauté* quando *le vent mollit tout-à-coup, la houle s' apaisa, et le temps s' embellit comme par enchantement*.

1081. Nel 1837 io era per perdermi sulla costa orientale dell'America meridionale presso *Bahia* con vento impetuosissimo e grosso mare di traversía; quando tutto ad un tratto scoppiò una tempesta da terra. Essendosi perduti gli alberi di gabbia, reso inservibile il bompresso, e fatte altre avarie, non si potè spiegare al nuovo vento che la sola vela di trinchetto co' terzaruoli presi. Ebbene, questa bastò per allontanare sollecitamente il bastimento da terra, quantunque le grandi onde seguitassero dalla parte di fuora, ed il bastimento si trovasse sopraccaricato dalla molta acqua entrata nella stiva. Come ciò poteva aver effetto se, come durava l'ondulazione verso terra, avesse anche durato il trasporto progressivo in massa nello stesso verso? Questo dovè esser cessato col cessar del vento, ed anzi incominciato l'altro, superficialmente, nel verso opposto; cioè nella direzione del nuovo furioso vento: il quale altro moto mi era fatto manifesto dal frangere de' piccoli flutti incisi sulla superficie della vecchia onda e spinti contro la propagazione di essa. Il bastimento era di 500 tonnellate; e, secondo gli scandagli del Roussin, la profondità in cui si trovò il bastimento stesso non fu mai minore di circa 230 metri.

ARTICOLO QUINTO

NUOVI FATTI E NUOVI ARGOMENTI IN APPOGGIO AL GIA DETTO.

1082. * A me pare di aver fin qui abbastanza dimostrato l' esistenza di notabile moto di trasporto nelle onde in libero ed alto mare, quando il vento le incalza; tuttavía, ad accrescere

più e più il valore di questa mia dimostrazione porrò a profitto le ricerche e l'autorità del benemerito ed infaticabile collettore di osservazioni Maury, quantunque egli non siasi occupato delle onde né degli effetti di esse. Solo recentemente ha accennato a questo fenomeno.

1083. * L'ultima edizione originale che io possegga dell'aurea opera di lui, *The physical geography of the sea*, è quella di *New-York* del 1857, ed in essa non parla ancora delle onde del mare, e solo, più come figura oratoria che come soggetto di studio, per incidenza nomina i marosi e le loro cime coronate di nevi. Non già che egli non conosca l' importanza di questo moto delle acque; anzi sente il bisogno *di apprezzare in modo esatto i differenti offici che i venti e le onde* (*the wind and the waves*) *debbono compiere* ; ma non apparisce manifestamente che egli vi abbia dirette le sue investigazioni.

* In seguito, cioè nella seconda edizione della francese traduzione di Terquem, pubblicata nel 1861, trovo che il Maury, nel primo dei due capitoli aggiunti fa parola delle onde e degli effetti di esse in alto mare.

* Difatto ragionando egli dell' azione dei venti di ovest nei paraggi al disopra del quarantesimo parallelo Sud, così si fa a dire: « Chiunque ha navigato in quei paraggi, ove i venti hanno la regolarità dei venti alisei, ha potuto osservare la forma costante dei marosi, i quali hanno un amplitudine ed una elevazione che non è comparabile con verun altro punto della terra.

* « Quantunque i venti alisei di S.E. sieno egualmente costanti, essi non hanno la necessaria forza *pour soulever et produire des vagues comme les* braves *vents d' ouest qui les entraînent avec tant de rapidité.* Questi marosi susseguendosi gli uni agli altri *semblent des montagnes couronnées de neiges courant dans la plaine.*

* « *Ce sont ces vents et ces vagues qui ont permis à nos modernes clippers d' atteindre ces vitesses régulières, qui eussent été traitées de fabuleuses par les anciens marins, et qui restent encore un objet d'admiration pour tout le monde.* »

1084. * E la seconda nota all' ultimo capitolo aggiunto termina in questa sentenza:

* « L'evaporazione rende le acque della superficie più dense, e per conseguenza i venti vi avrebbero *moins de prise, si l'agitation causée par les vagues ne venait ramener à la surface les eaux plus douces des profondeurs.* »

1085. * Questo, e non altro, il nostro autore dice sull' argomento; ma tali parole, quantunque brevissime, a me sembrano bastanti per appoggiare con l' autorità di lui, l' assunto mio. Imperocché, se il Maury ammette che i marosi hanno preso parte col vento e permesso ai bastimenti di raggiungere tale velocità da suscitare il sentimento di universale ammirazione, egli deve ammetter pure moto e trasporto di massa in essi marosi: altrimenti la ondulata forma di questi, in confronto ad una superficie piana e a parità di forza nel vento, avrebbe notabilmente ritardata la velocità dei bastimenti, e non contribuito a renderla regolare e sollecita in modo sorprendente, siccome egli ci dice e tutti facilmente dobbiamo credere.

1086. * Il Maury inoltre, nella su citata opera fissa in principio, e l'esperienza è con lui, non essere necessario che le correnti del mare si diriggano, come quelle dei fiumi, da un livello superiore ad uno inferiore; si vedono seguire alcune volte una superficie piana, e, ciò che è più notabile ancora, salire. (*It is not necessary to associate with oceanic currents the idea that they must of necessity, as on land, run from a higher to a lower level. So far from this being the case, some currents of the sea actually run up hill, while others run on a level.*)

1087. * « Si osservano presso l' equatore nel mar Pacifico, nota lo stesso autore, delle correnti *singolari, inesplicabili*, sulle quali si manca in vero di sufficienti osservazioni. La loro velocità è alcune volte *considerabile*, e in una traversata dall' isole della Società a quelle di Sandwich, io ne ho incontrata una che percorse *in un sol giorno* 96 *miglia.* »

* E nota pure che queste correnti, in forza e in direzione irregolari, *si creano e svaniscono sempre in mezzo all' Oceano*: (*but which always lose themselves where they rise, viz in mid ocean*).

* Non solo nel mar Pacifico, ma ben anche nell' Atlantico ed in altri mari, ha egli dovuto notare un eguale fenomeno di correnti straordinarie, « *per le quali non si è potuto*

ancora stabilire veruna regola, onde i naviganti sappiano ove e quando esse sono favorevoli o contrarie. » Ed io credo che a questa specie di correnti possano appartener pur quelle che fino ad ora: *Le navigateur cherche en vain à en suivre le cours, à en observer l'origine. Ils glissent à la surface, et n'apportent le plus souvent que des perturbations légères dans l' harmonieux ensemble des lois de l' Océan. Mais il arrive aussi quelquefois que ces causes accidentelles déterminent, sur certains points, des commotions violentes*; come ha notato il valente marino Felice Julien. E sono certo che nella stessa categoría possano essere annoverate anche quelle *des mers orageuses sillonnées de courans aussi variables que les vents*, conforme ha osservato de Humboldt: e quelle *ignote ma fatali* correnti del gran pratico Piddington (1072); e, in una parola, le correnti straordinarie.

1088. * Di più lo stesso Maury, qual *compilateur consciencieux*, come giustamente lo qualifica Bourgois, ha riunito in un capitolo separato questa specie di correnti sotto il titolo – *The drift of the sea* –: titolo tradotto dal citato professor d' idrografia signor P. A. Terquem per *Courants derivés de la mer* nella prima edizione, e nella seconda per *Dérive de la mer*, e dal tenente di vascello signor Ed. Vaneechout per *Dérive de l' Océan*; notando però questi, che egli si trova obbligato a riconoscere l' *inexactitude* della versione, e vorrebbe intitolarlo *Mouvements généraux à la surface de la mer, d'après les indications du thermomètre.*

* In detto capitolo il ripetuto Maury comincia per avvertire « che, oltre alle correnti (*ordinarie*), nelle acque dell'oceano vi sono *dei movimenti* (*correnti straordinarie*), i quali però non costituiscono delle correnti propriamente dette (*cioè ordinarie*), né l' influenza loro è mostrata ai marini nelle consuete osservazioni della navigazione, perché gl' istrumenti e l'arte nautica non sono giunti ad uno stato di sufficiente perfezionamento da permettere di distinguere ciò che noi chiamiamo corrente, dai corsi di acqua chiamati *drift*.» Qui dunque deve diriggersi l'attenzione. Qui lo studio per portare l' arte nautica e gli strumenti a segno di discernere la Corrente e il Corso di acqua. Cioè la corrente ordinaria, e la straordinaria. E quando saremo

giunti ad intenderci, allora al Catalogo ordinario delle correnti già note si potrà aggiungere sotto un diverso titolo anche la corrente prodotta dai flutti, che per ora debbo chiamare straordinaria.

1089. * Riflettendo io al titolo di questo capitolo del Maury, ed ai fatti di eguale natura raccolti da lui nel medesimo, o registrati qua e là nell'opera sua, mi sono trovato costretto a domandare a me stesso: quale è il senso di questa voce *Drift*, nel caso di cui si tratta? In Francia non si è potuta tradurla nel significato voluto dallo spirito delle cose contenute nel capitolo. Per *Dérive* propriamente detta non è stata intesa, per *Courant* neppure, il verbo *Drosser* non si è prestato a spiegarla, ed il *Mouvements généraux* non è stato proposto senza perplessità. Ma il fatto esiste e tutti lo riconoscono anche quando non trovino le parole per esprimerlo. Il termometro, per lunga serie di esperienze eseguite da un gran numero di naviganti, avendo mostrato al Maury delle *temperature anormali* per certe latitudini, lo ha indotto ad ammettere dei *movimenti di traslazione* senza poter dire che sieno correnti; perché in realtà essi sono movimenti parziali e variabili in direzione ed in forza; perché cominciano e finiscono sempre in mezzo al mare, ossia non hanno direzione determinata da una data estremità all' altra come la corrente ordinaria, e perché non se n' è ancora potuto stabilire la regola ad istruzione dei naviganti. Quindi mi trovo forzato a concludere che si è fatto uso di una voce, la quale, forse nello istesso idioma inglese non corrisponde colla spiegazione data al fenomeno notato, e, al certo, in Francia non può tradursi in modo conveniente.

* Non sono io che lo dico: all' incertezza manifestataci dai sopra citati traduttori posso aggiungere che: Il capitano di fregata E. Tricault, il quale ha pubblicato un particolareggiato sunto dell'opera di Maury, giunto al titolo del capitolo di cui tratto, ecco come si esprime: *C'est une sorte de glissement, caractérisé per le mot anglais Drift, que nous ne traduisons pas, faut de lui trouver dans notre langue un équivalent qui nous satisfasse.* E né anche in inglese trovo la detta voce al suo posto.

* Difatto ben altro è il senso della voce *Drift* data dai dizionari inglesi di marina. Secondo questi il *drift* è l' angolo

che fa la linea del movimento di un bastimento con il meridiano più vicino, quando esso bastimento cede col suo fianco al vento ed alle onde, e non sente più il governo del timone; ovvero, quando la detta voce è seguíta dall' espressione *of a current*, significa allora la *forza di una corrente*, ossia il suo angolo e la sua velocità. Ma né questo, né quello è il senso adottato dal Maury per ispiegare il trasporto di cui si tratta. Egli non intende parlare dell'effetto di una tempesta, né della forza o dell' angolo di una corrente.

1090.* Uomo d' ingegno e di erudizione straordinaria, *infaticable chercheur* come lo chiama il Figuier, ha voluto dare una spiegazione di questi movimenti, e, non trovando di meglio, l' ha basata sull' influenza del *calore* e del *freddo*, trattovi dall' idea sua predominante, e non pensando allora al vento, al flutto ed alla calma. Così giunge alla conclusione che l' acqua calda o fredda rinvenuta in una latitudine non a questa naturale, era ivi stata trasportata *dalla circolazione generale dell' Oceano*. E quindi, in forza di tale spiegazione, torna a parlare nuovamente nello stesso capitolo della corrente di de Humboldt, di quella del golfo di Guinea, dell' altra del golfo del Messico (*Gulf-stream*) e di altre ben note correnti, per le quali egli stesso ha di già trattato nei capitoli ad esse dedicati.

1091. * Ma, senza avere io la pretenzione di distruggere questo modo di vedere dell' illustre autore della moderna geografia fisica del mare, non potrei scorgere in questi accidentali, straordinarî, ed irregolari movimenti l'effetto del moto di trasporto cagionato dalle onde spinte da forte vento ? Coteste specie di correnti straordinarie, che in sostanza nascono e muoiono in mezzo al mare (1087), si spiegherebbero colla proprietà dell' acqua e con la potenza del vento che le produce. « Le molecole liquide non essendo libere, osserverò con le parole del Keller, *mais reliées entre elles par la cohésion*, la loro mutua aderenza oppone resistenza al moto *qui détruit rapidement toute vitesse acquise*, e rende la velocità reale costantemente proporzionale *à la force qui la produit.* » La qual forza in questo caso sarebbe la variabile spinta del vento. Cosicché se fosse vero che il vento avesse nell'acque dei mari l'azione che io ammetto in lui, il capitolo che di questo fenomeno parlasse dovrebbe portare

il titolo: *Movimenti della superficie del mare prodotti dalle onde incalzate dal vento.* In questa definizione ci si troverebbe il valore della voce inglese *Drift*, nel caso nostro, perché come produttori del fenomeno vi entrano vento ed onde.

1092. * *La première condition nécessaire pour qu'un fait puisse être admis*, avverte il Figuier, *c'est de n'être point contraire à la raison, ni à d' autres faits certains; en un mot d'être possible.* Così essendo, come mai si potrà escludere l'esistenza del fatto di cui ragiono? Esso presenta ben altri dati di un fatto meramente possibile. Ed in vero, ammesso che il vento ha notevole parte nella causa delle correnti *costanti* (242); ammesso che esso è la causa unica delle correnti *periodiche* e *momentanee* (225); ammesso che esso è la sola causa delle onde di cui tratto; ammessi inoltre tutti i fenomeni prodotti dal vento e da me registrati dal n.° 226 al 249 ed altri: se è vero tutto ciò che è stato notato, nei difetti della stima e che ha relazione con il moto ondoso, dal de Goimpy (1035 al 1041), dal de Courtanvaux (1042), dal de Kerguelen Tremarec (1043), dal de Fleurieu (1044), dal Phipps (1045), dal de la Crenne (1046), dal de la Coudraye (1050) e da altri molti: se sono giusti gli avvertimenti dati da Duperrey (1024), dal Vincendon-Dumoulin (1026), dal le Serrec (1028), dal Ploix (1029); quelli del Piddingtoń (1071), del Keller (1075) e di altri ancora, io sono convinto che al vento ed alle onde si debbono quelli movimenti.

1093. * L' idea vastissima che si è formata di questi movimenti il Maury non mi sgomenta, perché credo che essa sia al di là del vero, e perché un esteso, durevole e furioso vento ha bastante potenza da trasportare quelle grandi masse di acqua superficiale, che il termometro ha indicato non essere al loro posto.

* È d'avvertire, inoltre, che dato questo primo trasporto, ne succede infallantemente un secondo, ed il Maury stesso lo ha notato. « Studiando tutto il sistema di circolazione dell' Oceano, egli dice, noi possiamo asserire che dal momento in cui una corrente parte da un luogo dell' Oceano, avvene un altra che subentra di volume uguale ». Giacché distrutto l'equilibrio in un fluido, non può ristabilirsi che per lo spostamento delle molecole, ossia per il correre di esse.

1094. * Egli è poi importantissimo notare che lo stesso Maury avverte nel ripetuto capitolo, che alcuni corsi di acque tropicali in mezzo all' Oceano *non sono costanti* ; molti naviganti, passando nel luogo ove le carte l' indicano, non hanno trovato veruna elevazione termomètrica. Non potrebbe il vento in quel luogo, domanderò io, aver trasportato altrove l'acqua calda e surrogatavi la fredda, o questa essere subentrata per legge di equilibrio nel posto di quella ?

1095. * Egli registra ancora che il capitano N. B. Grant, essendo in 14° di longitudine est, e 39° di latitudine sud, ha scritto nel suo giornale quanto appresso : « Tutti i navigatori ammettono che havvi una corrente diretta verso l' Est a traverso l' Atlantico australe e nell' Oceano indiano. I venti regnanti dalla parte dell'ovest sembrano essere una sufficiente causa per spiegare l' esistenza di questa corrente, e i venti di sud-ovest le danno naturalmente una direzione inclinata al Nord. Ma perché le acque sono qui (38° 40' Sud) più calde che in 35° e 37° Sud ? : questo problema non mi sembra di facile soluzione, sopratutto se rifletto alla direzione Nord che credo trovare a questa corrente (*is a problem that, in my mind, admits not of so easy solution, especially if my suspicions are true in regard to the northerly set*).

* Ora, domanderò ancor io alla mia volta, ora questo problema non potrebbe essere risoluto con tenere a calcolo la potente azione dei marosi sospinti da vento continuato e forte, e quindi ammettere che essi abbiano trasportate le acque calde là ove dovevano essere fredde ?

1096. * Lo stesso Maury dopo aver notato che nell'acqua dell'Oceano le linee isotermiche non sono rettamente unite, *ma dentellate*, di guisa che un bastimento che percorra queste linee di separazione trova *delle zone di acqua ora più calda ed ora più fredda*, avverte che questo fenomeno si verifica ancora nella parte della rotta tra *New-York* ed il Nord dell'Europa *posta nei paraggi del Gulf-stream*. S' incontra su questa rotta, egli aggiunge, *una, specie di penisola o, per meglio dire, un' isola di acqua fredda che penetra nel Gulf-stream, e varia in posizione ed in dimensioni*.

* Lo stesso ha notato pure che « le belle ricerche del

maggior Rennell ci hanno mostrato che, negli anni ordinari, l'acqua calda del *Gulf-Stream* non s' incontra all'Est del meridiano delle *Azores*, il mare avendo allora la sua consueta temperatura normale in tutti i versi e in tutte le stagioni nel vasto spazio compreso tra le *Azores*, la costa di Europa e quella dell'Affrica settentrionale; ma il maggior Rennell ha mostrato ancora che in due occasioni, nel 1776 e nel 1821-1822, si è incontrata, nello spazio indicato, *l'acqua calda del Gulf-stream*, riconoscibile dalla sua temperatura più elevata di più gradi Farenheit di quella dell'acqua del mare attinta in altri punti del medesimo parallelo: nel 1776 Franklin aveva anche potuto seguire questa acqua sino alle rive dell'Europa. »

* Or bene, questi straordinarî spostamenti della calda acqua del vasto *Gulf-Stream* non potrebbero essere attribuiti ai venti straordinarî, e al conseguente moto ondoso, dall'Ovest che pur non mancano anzi sono regnanti e dominanti in quel parallelo? Questi venti dalla parte dell' Ovest, secondo il Maury, nell' Atlantico dal 40° parallelo verso il Nord, prevalgono *due volte contro una su quelli dell'est*. Ed il *Gulf-Stream*, segue sempre il Maury, è dai marini chiamato il padre dei venti (*weather breeder*) ed anche il re della tempesta (*storm king*), ed in effetto tutta la rabbia che la furia del vento può spiegare si fa sentire sopra il *Gulf-stream* o nelle sue vicinanze (*or near its borders*).

1097. * Le osservazioni fatte dagli idrografi degli Stati-Uniti constatano che sonovi nel *Gulf-Stream* dei fili (*threads*) di acqua più calda a lato dell' acqua più fredda, in guisa tale che dall'America all'altro lembo della corrente, « questo immenso fiume marino presenta una notabile serie (*a remarkable series*) di elevazioni e di abbassamenti termometrici. »

* Donde viene questa specie d' innestamento di acqua di temperature differenti? Sappiamo che tra la riva orientale dell' America del Nord e la sinistra ripa fluida del ripetuto pelagico fiume, esiste una corrente di acqua fredda di notabile larghezza; quindi io credo che, come quei venti, e i conseguenti marosi, spesso respingono in iscarroccio dalle fredde acque che lambiscono la riva americana nelle acque calde del ridetto fiume quei bastimenti che d' inverno vogliono approdare in uno

dei porti degli Stati-Uniti, così quegli stessi prepotenti attori obbligano l'acqua fredda a derivare ed a introdursi nella calda, e viceversa.

1098. * Per ultimo dirò che il ripetuto Maury si fa a domandare: « Perché coteste correnti polari o equatoriali sembran ora dividere, ed ora essere divise dalle altre? » Per me la risposta è quella stessa che ho già data ai dubbî di questa specie. Perché il vento ed il flutto le turba, come ripeterò qui appresso.

1099. * Arago, nel render conto all'accademia delle scienze di Parigi del viaggio della fregata la Venere, ha chiamato l'attenzione sopra un altro fatto della natura di quelli che tratto. La detta fregata al Sud-Sud-Est della terra di *Van-Diemen*, nei giorni sette e otto gennajo 1839 traversò uno spazio di acqua calda.

* Lo stesso Arago ha notato ancora che avvi, *en pleine mer*, di tempo in tempo *des bandes ou des espèces de rivières d'eau plus ou moins salées*: *il est vrai*, egli soggiunge, *que l'agitation des vagues ramène bientôt le tout à l'uniformité*. Dal che io traggo, oltre il fatto, la conseguenza del giudizio dell'Arago, la cui autorità deve essere di gran peso per tutti, la conseguenza cioè che non possono i flutti ricondurre tosto il tutto all'uniformità, se non si ammette in essi notabile trasporto di massa di acqua; il che torna a quello che io intendo di dimostrare.

1100. * J. Clark Ross, mentre era in latitudine 47°55'S. e longitudine 83°31'E. di G. ha registrato:

* « La temperatura del mare che ad un'ora p. m. (del 24 luglio 1840) trovavasi a 37° si elevò alle undici p. m. sino a 46°; quella dell'aria nello stesso intervallo scese da 33° a 31°. Questo inesplicabile aumento nella temperatura del mare (*This unaccountable increase of temperature of the sea*), la quale nei varî giorni antecedenti aveva oscillato intorno ai 35°,5, continuò fino alle sette p. m. del giorno susseguente, occupando così uno spazio di ottanta miglia, dopo il quale dal primitivo 46°. scese a 40°. In questo giorno quella dell'aria era di 29°; il vento soffiava molto fresco da S.O., e contemporaneamente con frequenza cadeva la neve. »

* Ma chi trasportò quelle masse di acqua più calda in

quegli spazi indicati dall' Arago e dal Ross? Questi, a similitudine del Grant, trova il fatto inconcepibile (*unaccountable*).

* Io invece mi sento indotto a rispondere che i fatti sopra riportati e la ragione permettono di credere che nella natura delle onde sotto la sferza del vento vi sia la potenza di dividere e di trasportare le indicate masse; quindi ad essa si debbono questi fenomeni. La ripugnanza ad ammettere questa potenza può essere solo *un' involontario risultato di quell' abitudine che abbiamo di negare l' esistenza di ciò che non ferisce i nostri sensi, specialmente della vista o del tatto, ma la più semplice esperienza ci persuade che è gran leggerezza tenersi a tale criterio*, come saggiamente avvertiva per un caso simile il Secchi. Inoltre io credo che per il caso nostro non manchino esempi che parlino anche ai sensi; anzi vi sono di quelli, e non sono uomini volgari, che vi vedono più del vero, come sarà mostrato nel seguente articolo. Un fatto, di altra specie, ma del genere stesso che ai sensi materialmente parla, potrà aiutare i poco o nulla veggenti o ricalcitranti a scorgere nei flutti tanto che basti per indurli ad ammettere in essi la ripetuta potenza.

1101. * Nelle piene il Missisipì, sbocca in mare con molta torbida, e produce una grande complicazione di correnti, le quali si estendono molto lungi dal lido. Kohl ha notato che queste correnti si mescolano difficilmente con l' acqua del mare e vi galleggiano sopra. *Le onde*, egli ha notato pure, *dividono queste masse di acqua senza mescolarsi ad esse, e qualche volta si trovano queste isole galleggianti di acqua dolce a diciotto miglia dal lido, e le acque del mare si frangono sopra i loro orli.* Altri osservatori, nota il Maury, han trovato delle *taches ou flaques* delle stesse acque, *à plus de* 100 *milles de Balize.* Ora niuno potrà dubitare che queste isole o masse di acqua differenti sieno formate e trasportate dai flutticorrenti.

1102. * Che se la sola azione del vento e delle onde non si volesse credere sufficiente, come causa unica dei vastissimi movimenti di cui parla il Maury, io non pretendo di escludere interamente quella che egli mette in campo; anzi mi dichiaro volentieri dell'avviso del citato Julien, cioè che i venti possono agitare violentemente e scompigliare (*bouleverser*) gli strati

superiori delle acque, *mais ils sont incapables, au delà d' un certain rayon, de communiquer une impulsion durable aux masses profondes qui se déplacent d' une extrémité à l' autre de l'Océan*. Quindi io credo che in quei movimenti può soltanto avere parte, ma ben rilevante, l'azione delle onde, e però mi persuado che le due spiegazioni di essi, cioè quelle del Maury e la mia, potrebbero esistere entrambe, e forse darsi la mano, perché non siano in avvenire confuse le ordinarie correnti con i particolari e straordinari moti dovuti alle onde.

ARTICOLO SESTO

ECCESSO IN PIU' E IN MENO SUL VALORE DATO AL MOTO DI TRASPORTO CAUSATO DALLE ONDE

1103. * Non sono io il solo ad ammettere, sotto certe condizioni, il moto di massa alla superficie delle onde. In genere abbiamo già veduto chi, da Leonardo in poi, ha scòrto questo moto: ora vedremo, nel tempo e nel valore di esso, chi oltrepassa il limite ove io mi fermo, e chi si arresta prima di me.

1104. Tra coloro che vogliono sempre esistente il moto progressivo ed in massa nelle molecole che compongono l'onda, trovo i nomi di tre chiari autori che più degli altri in modo esplicito ne trattano; quindi meritano speciale menzione. Questi sono, un ingegnere inglese (Stevenson (64), un geologo italiano (Paoli (161) ed un ingegnere francese (de Caligny (29). I primi due non potendo non riconoscere che i bastimenti in effetto *non seguono pari passo il cammino delle onde*, si sforzano spiegare questo fatto, l'uno con credere che per *deficienza di attrito il bastimento non è abbastanza rattenuto alla superficie dell'onda*, l'altro coll'asserire che *le onde debbono vincere la resistenza dell'acqua che si para innanzi ad esse*. Ma se in realtà l'acqua si muove progressivamente in massa, io non so concepire come, essendo pur piccolissimo l'attrito, possa aver luogo ritardamento di trasporto; e se le onde precedono il bastimento, io non so intendere questa resistenza dell' acqua. Il bastimento, come in ogni altra corrente, non potrebbe non essere trasportato, e per lo meno, colla stessa velocità con cui

si muove la massa dell' acqua. Il terzo non pretende che il moto progressivo delle molecole sia eguale a quello di propagazione delle onde: egli lo limita ad un *réel* moto di trasporto *sensible*; asserisce che i marini *en tiennent compte* nel calcolo della loro rotta *comme l' a remarqué M. de Tessan dans son ouvrage sur le voyage de la Vénus*, e crede cotesto moto indubitabile, perché *sans cela il serait assez difficile d'expliquer le mouvement apparent*. Io non mi fermerò per il momento su questa sua credenza, ma sibbene su quella sua asserzione, la quale così assoluta e non sottoposta alle notevoli e numerose eccezioni cui va soggetta, distrugge quanto io ho detto ed ho creduto di provare con fatti. — Si veda in Appendice l' ulteriore lavoro del de Caligny da me già promesso al n. 30. —

1105. Non piccola fu la mia sorpresa quando lessi il citato passo di de Caligny: e come poteva non meravigliarmene? Nei trattati di nautica non mai in modo esplicito ho letto, né dai miei maestri mai mi è stato proposto a regola, tener conto nel cammino del bastimento di sì fatto moto di trasporto; né mai esso si registrava dai capitani, sotto i quali io ho navigato. Con ciò non intendo di escludere che in qualche trattato vi possa essere esposto il moto in discorso, cioè di continuato trasporto. Io al certo non ho letto tutti i trattati di nautica; ma quelli che ho avuto ed ho sott'occhio sono la maggior parte de' più accreditati fra gli antichi ed i recentissimi, e sono sicuro che in essi non si trova stabilito quando le onde hanno moto di trasporto, né quanto sia questo moto: in una parola, ivi non si danno norme per siffatto moto. Perché i marini ne tenessero conto, si sarebbe dovuto trattar di esso come si fa delle correnti, dello scarroccio eccetera. Ecco la lista dei nomi degli autori dei trattati cui alludo. J. W. Norie, J. Greenwood; M. Pimentel, A. G. de Freitas, M. V. Do Couto, A. Lopes de Costa Almeida, J. de Mendoza y Rios, Macarte y Dias, G. Ciscàr; G. Fournier, Savarien, de Fleurieu, Bouguer, de Verdun de la Crenne, Le Gaineur, Romme, J. la Lande, de Rossel, Bézout e de Rossel, Lassale, Dulague, Guépratte, I. A. Mazuro-Duhamel, Ducom, Givry, Pagel, V. Caillet; Bartolomeo Crescentio, P. da Médina, G. Paganini, Pezenas, Antigono Frangipani, Brunacci, Tonello, Mikocz, Lamberti, Gallo, Giacchetti.

1106. Di tutti i nomi citati qui sopra, il solo Mikocz accenna ad un valore di moto prodotto dall'*urto del mare*: « Alle volte, egli dice, quando la nave corre in poppa con grosso mare, il triangolo (*Barchetta*) viene spinto dall' onda verso la nave, e perciò essa dimostra di fare meno cammino, quindi *si accorda per ogni* 10 *miglia un miglio in favor della nave* ». Ma credo che debba farsi distinzione tra il moto dell'*urto* delle onde di cui egli parla, e quello di *trasporto continuato* di esse, del quale io tratto: il primo si può, nella maggior parte de' casi, dedurre dalla scia, ossia è compreso nello scarroccio; il secondo è l' incognita cercata. Inoltre, il dieci per cento di valore dato da lui al detto urto non può essere generalizzato per tutti i casi di onda in poppa. Per esempio a parità di volume e velocità di propagazione dell'onda, la nave riceverà tanto minor urto quanto più cammina.

1107. Arago con la solita sua accuratezza e con speciale impegno, rendendo conto all' accademia delle scienze di Parigi de' lavori scientifici del citato viaggio intorno al globo sulla fregata la *Venere*, facea pur noti gli studî fatti in cotesto viaggio sul moto ondulatorio del mare; ma nulla disse del moto di trasporto, di cui mi occupo. Eppure esso meritava particolare menzione. Così i tre professori, Bernard, Minard e Frissard che, dopo pubblicato il suddetto viaggio, si sono succeduti per dettare lezioni nella scuola degl' ingegneri francesi, e che han parlato delle onde marine, non fanno parola del costante ed apprezzabile moto voluto dal de Tessan e dal de Caligny. Che se Minard *dans les plus grands vents* ammetterebbe nelle *vagues une vitesse horizontale notable*, non richiama o stabilisce un canone, ma solo accenna ad una sua idea in quella condizione di tempo, giacché in massima egli crede che *la vitesse des courants n'est pas altérée par le mouvement des vagues*, il che esclude ogni moto di trasporto nei flutti (312 al 328). L'ultimo poi, cioè il Frissard, quantunque posteriore anche alla pubblicazione del de Caligny, non manca di ripetere che *au large, le mouvement des vagues n'est qu'apparent . . . le fluide n'est pas déplacé*, ed immobile lo crede, senza fare eccezione per forza qualunque del vento; e se presso il lido ammette moto di trasporto, pare che lo creda solo molto in terra, perché parlando delle correnti di marea asserisce,

che *ils sont indépendants des vagues*. Il che in modo assoluto non è vero (327). In fine osserverò che uno de' più dotti navigatori francesi, Duperrey, tre anni dopo la pubblicazione dell' opera di de Tessan diceva all' accademia delle scienze di Parigi, che il moto di traslazione delle onde in alto mare è *simplement apparent*, e che uno dei più distinti idrografi, Keller, quattro anni più tardi confermava, che i corpi galleggianti non *participent sensiblement au déplacement horizontal apparent des ondes*.

1108. Questo unanime silenzio di tanti autori, i cui trattati servono di guida ai marini, e questo contrario avviso de' precettori di Francia sull'asserzione di de Tessan e di de Caligny, mi consigliavano a non tenerne proposito; ma riflettendo alla fama di questi due nomi, e all' importanza della questione, mi sono creduto in dovere di provvedermi l' opera del primo. In questo solo modo poteva apprendere sopra quali fatti ed argomenti si basava l' asserzione di lui. Ecco il risultamento delle mie ricerche. De Tessan pubblicò un articolo *sur la formation et la propagation des vagues*; ma, a parer mio, lasciò molto a desiderare; tanto più ch'egli stesso riconosce esser questa *théorie bien peu avancée et bien digne cependant d'attirer l'attention des géomètres et des ingénieurs*: e de' marini aggiungerò io. Ed è pur giusto notare, che per troppa modestia egli invita altri a trattar questo soggetto, mentre non è facile trovare chi possa riunire tutte le belle qualità da lui possedute per esaurirlo. Relativamente alla questione che mi occupa, ecco tutto quello che egli ne dice. *Un petit mouvement de transport horizontal accompagne toujours l' onde*; i marini ne tengono conto nella loro stima, *et le portent à* $0^m,3$ *ou* $0^m,4$ *par seconde, quand la lame est encore sous l' influence du vent, et à* $0^m,1$ *et* $0^m,2$ *quand il n'y a plus que de la houle, sans vent*. Dunque quanto egli asserisce non ammetterebbe dubbio: è per lui un canone praticato dai marini. Ma se ciò fosse, come spiegare il silenzio dei Trattati, ed il contrario avviso, di Bernard, Minard, Frissard, Duperrey, Keller, a cui aggiungerò solo due altri valenti ufficiali, l'uno della marinerìa inglese, John Washington (55), e l'altro della nostra marinería C. Acton (166), tutti posteriori al de Tessan? Lasciando a questo ingegnere la cura della risposta, io

dirò intanto che secondo lui esisterebbe sempre *calcolabile* moto di trasporto nelle onde (il che in modo assoluto non posso ammettere); il massimo di questo moto sarebbe di 7 decimi di miglio l'ora (il che è molto al disotto del vero nei casi di tempesta); ed il minimo di 3 decimi *sans vent* (il che credo troppo elevato non solo senza vento, ma quando anche soffia vento sino a 6 metri di velocità per secondo di tempo). Nè i risultamenti dedotti dai punti di stima della fregata la *Venere*, delle cui *observations météorologiques faites à la mer* il de Tessan ci rende conto, m' invitano ad accettar per buoni quei dati di correzione: anzi egli stesso ci avverte della *peu de confiance* che meritano quei risultamenti, e difatti l'esempio da me citato al n. 1070 tolto dal suo giornale ci prova che la correzione di 7 decimi, pognamo che l'abbia fatta, ha lasciato un errore di miglia 30,7 in ventiquattr'ore. Né credo, siccome egli mi sembra credere, che col rendere *moins défectueux et surtout moins arbitraire* il solcometro in uso, si giungerebbe a risolvere *le fameux problême*, come lo qualifica Saverien, *de la mesure du sillage du vaisseau*, o almeno ad avere un punto stimato molto preferibile a quello che presentemente abbiamo.

1109. * Certo che adottando il miglioramento proposto dal Keller, rimediando cioè *à la cause d'erreurs, tant du loch ordinaire que des lochs compteurs*, si migliorerebbe notabilmente il punto di stima; ma resterebbe sempre per esso un altro gravissimo difetto. Perché supposta pure l' immobilità dello strumento *relativa* al bastimento, resterà sempre a conoscersi l' immobilità *assoluta* dello stesso strumento rapporto ad un punto fisso. Ora, per ottenere questa seconda parte, si rende indispensabile di conoscere ogni specie di movimento del mare; il quale movimento in massa trasporta seco, anche a nostra insaputa, e misuravia e bastimento, e non solo nei luoghi di limitata profondità, ove non vi sia alcun dubbio che qualunque maroso possa incontrarvi reazione, ma anche in altissimo mare: quindi l' ignoranza più o meno grande del giusto valore del trasporto è, e sarà sempre, la precipua causa del più o meno grande errore nel punto di stima. E però con molta ragione aggiunge lo stesso Keller, che *tous savent qu' il y a quelque chose à faire pour*

améliorer l'éstime... Mais il ne suffit pas de proposer une réforme, le plus difficile est de la faire adopter (1034).

1110. * Quanto al de Tessan, devo ora dire che quel mio desiderio di una risposta alle sudette mie osservazioni fu soddisfatto; imperocché ebbi da lui ben presto una importante scrittura, che ad ornamento del mio lavoro e ad utile degli studiosi verrà pubblicata per intero in Appendice.

1111. Può essere che qualche marino per sua pratica particolare tenga conto di dettò moto di massa, quantunque non stabilito nella lunga lista delle autorità citate antecedentemente. Per esempio, Cook ha fatto notare che tra gli elementi di correzione nel punto stimato v' introduceva, oltre quello dello scarroccio (*for lee-way*), anche, quello dell'azione dell'elevarsi ed agitarsi del mare (*heave of the sea*); ma io ignoro quale regola egli seguisse nel trovare il valore di questo elemento; ed egli non la spiega.

1112. * Vancouver attribuì, un notevole innalzamento di livello dell'acqua nella baja *Trinidad*, non essendovi altra causa, *avec vraisemblance à une forte houle du N.O. qui pénétrait dans la baie*. Dunque Vancouver ammetteva nelle onde moto di trasporto di massa d'acqua.

1113. * Così credo che anche John Ross tenesse speciale conto del trasporto causato dal moto ondoso, perciocché trovo che egli ha notato: « quantunque il vento cominciasse a bonacciare e poi divennisse calmo, tuttavía noi potemmo conservare la velocità del bastimento, *attendu que de fortes vagues venaient du Sud*. (Il bastimento era diretto verso il Nord e sembra che filasse tre nodi l' ora). Quindi, giungendo egli a dare ai flutti un tal valore di trasporto anche con poco vento, non può credersi che trascurasse questo moto. Ma come lo calcolava?

1114. * Così pure il Pagel ha dovuto tener conto del moto di cui tratto, giacché un passo del suo giornale scritto a bordo del vascello l'*Eylau* da lui comandato nel viaggio da *Vera-Cruz* a Tolone, sotto la data del 9 all'11 novembre 1862 leggo nella colonna: *Courants en vingt-quatre heures*: « *Ces courants pourraient n'être causés que par la houle du vent.* » Ma anche qui non trovo dichiarato qual metodo egli tenne e tenga nell'introdurre nel calcolo del punto stimato questo trasporto.

1115. * E per finirla noterò che de Bonnefoux e Paris ci dicono soltanto: « *Les lames ont une influence assez marquée sur le bateau de loch*, per mezzo del quale si misura il cammino del bastimento; esse lo avvicinano al naviglio quando corre in poppa, ed esse lo allontanano quando ha il mare più o meno di prora, come spesso accade, sopratutto nei bastimenti a vela. In questo caso si tiene conto di questo effetto *par approximation pratique*, e si aggiunge o si toglie un tanto al cammino misurato per il flutto: *c'est ce que on appelle Donner à la lames.* » Questo è tutto!

1116. * Ma ammesso pure che taluno ne corregga regolarmente la stima, a me sembra che per norma non si devono seguire i soli due dati indicati dal de Tessan. Essa deve, dentro certi limiti, classificare i gradi diversi della forza del vento, le diverse velocità, altezze e lunghezze delle onde, e, presso il lido, le diverse profondità del mare; e deve applicarsi secondo la maggiore o minore immersione del bastimento. In attesa di essere meglio istruito di ciò, io resto convinto che, in alto mare, nei casi di vento mite sino a quello di forza moderata per lo meno non deve esistere nelle onde moto *sensibile* di trasporto in massa; perché quando anche esso fosse soltanto di qualche decimo di miglio l'ora, sarebbe stato notato dagli esperti ed attenti naviganti, e tanto più facilmente nei paraggi conosciuti. In questi casi di tempo mite o moderato e di luogo ripetutamente navigato, con sicurezza si può dare dall' occhio marino il vero valore ai diversi elementi di trasporto, ai quali è sottoposto il cammino di un bastimento ben costruito e noto a chi lo dirige. La non esistenza di *notabile* moto di trasporto in massa nelle onde nei casi a cui accenno sarà a sufficienza messa in chiaro nell'articolo che fa seguito al presente. Prima mi sia permessa un'altra considerazione sull' importanza dell'argomento.

1117. Se a taluno sembrasse cosa indifferente conoscere quando ed ove il moto ondulatorio divenga in parte anche sensibilmente di traslazione in massa, ossia fluttocorrente, io non sarei del suo avviso. Io lo credo anzi importantissimo e per la nautica e per l' idraulica e per la geologia; perché tal cognizione potrà impedire quelle centinaja e migliaja di naufragi che presentemente ci funestano (1047), e potrà indicare ai naviganti quando

debbano prendere delle precauzioni contro questo fenomeno, che cagiona al bastimento non il noto scarroccio, ma un trasporto, una deriva (186), non indicata dalla scia, e produce puranche un acceleramento o un ritardo non indicato dal solcometro o misuravía.

* Il bastimento è sempre esposto all'impulsione del vento ed agli urti delle onde, l'effetto dei quali tanto più lo fuorvía quanto più presso stringe il vento; ma l'effetto di quella impulsione e di quell'urto sul corpo de' bastimenti è cosa che entra nei calcoli consueti de' capitani; se ciò non fosse la navigazione sarebbe molto più imperfetta di quello che è. Lo scarroccio è noto, ed è visibile.

1118. Tutti sanno che dalla scia si misura lo scarroccio del bastimento, causato dall'impulso laterale del vento e dall'urto delle onde, quando l'una, o tutte due queste forze non agiscono nella stessa direzione del cammino del bastimento. L'esperto marino ottiene soddisfacente risultato da questa misura quando il mare non ha moto di massa, perché la scia non presenta presa al vento né all'urto delle onde. *La dérive* (scarroccio), avverte de Chabert, *dont il faut dégager la route n'est point un obstacle, puisqu'on peut l'observer avec précision.* Ma ove siavi corrente, o traslazione in massa, soggiacendo la scia all' intiera azione di esse come il bastimento, non può dedursi il vero trasporto o deriva causata al bastimento, se s' ignora la velocità e la direzione della corrente o della indicata traslazione. Ciò che è di natura della scia lo è anche del solcometro.

* Dunque, ammesso che il capitano sappia l'arte sua, non deve confondere il moto laterale, causato dall'urto delle onde e dall'impulso del vento, con quello disteso e prodotto dall'andazzo dell'acqua corrente in massa. Del primo ha gli elementi per valutarlo; non così del secondo: ed a questo difetto io vorrei che si provvedesse.

* Che se in alcune complicatissime vicissitudini della navigazione una conveniente distinzione dei due moti potrà isfuggire alla vigilanza ed alla perspicacia del capitano, quando anche questi fosse fornito degli elementi per giudicare il trasporto di massa sviluppato dal moto delle onde, questa eccezione però non deve far più oltre trascurare la nostra proposta, la

quale per essere utile alla navigazione basta che sia attuabile nei casi di tempeste ordinarie che sono molto più numerosi.

1119. È poi importante per l' idraulica e per la geologia quella conoscenza (1117), perché mostrerà agl' ingegneri ed ai geologi a qual distanza dal lido si svilupperà, per effetto dell'onda, un fluttocorrente capace da trasportare, senza altro movente, i materiali ostruttivi. Ma di ciò nel seguente capitolo.

ARTICOLO SETTIMO

ECCEZIONI AL PRIMO CASO

1120. Che il moto nelle onde in alto mare non sia sensibilmente progressivo in massa quando soffia il vento di forza moderata, fatti giornalieri me lo fan credere, e me ne sono convinto di persona nel non breve esercizio dell'arte mia. I soli casi di vento gagliardo fanno eccezione a questa verità. Se poi, come crede il comune degli uomini, il moto di traslazione dell'onda fosse sempre reale e non apparente, il mare avrebbe la indole de' più sfrenati torrenti; la sua superficie sarebbe un assieme di acque correnti di larghezza, lunghezza, direzione e velocità diverse, quanto sono vaste le zone, le durate, le direzioni e le forze delle varie onde che si sviluppano nel mare alla sua superficie.

1121. Ed in vero l' esperienza ci prova che con vento forte, ma non straordinario, la velocità dell'onda è di 4 metri per secondo di tempo, e sappiamo che Vionnois l'ha misurata giungere nelle tempeste a 20 metri per secondo nella baja di s. Giovanni di *Luz* (437). Ma tenendomi al caso di vento ordinario, ho dunque otto miglia nautiche l'ora di velocità nel moto di propagazione dell'onda. E però, un bastimento (supposto che non vi siano altre cause di moto), per il solo titolo di traslazione progressiva in massa delle molecole dell'onda, filerebbe otto nodi l'ora. Se così fosse, se il moto apparente dell'onda fosse tutto reale, il mare non sarebbe utilmente navigabile, e solo nei casi di onde in poppa potrebbe essere praticato. Invece si vede tutto giorno che i bastimenti velieri con vento fresco e mare contrario, proporzionale alla forza del vento, possono bordeggiando guadagnar sopravvento; il che non si verifica, anche col mare

calmo, quando una corrente sia contraria ed abbia più di un miglio di velocità per ogni ora. Anzi il bordeggiamento, *maneuvre importante* (di cui Thevenard dà l'onore dell' invenzione ad Andrea Doria, il quale nel 1520 la praticava, ma la cui origine è molto più antica tra noi, trovandosi i termini e l'uso di essa, come fra gli altri si fa manifesto dal viaggio di fra Nicolò da Poggibonsi) si rende nullo, il bordeggiamento dico, puranche in una corrente contraria di un miglio l' ora per il comune de' bastimenti di commercio.

1122. Bérard racconta, nel corso de' lavori idrografici sul littorale dell'Algeria da esso lui diretti, *d'avoir tenté plusieurs fois, mais inutilement*, di bordeggiare con i venti di ovest presso il capo Bougaroni, ove la corrente ha due miglia l'ora di velocità, per montarlo. Lo stesso Bérard ha registrato inoltre che nel tempo della crociera (dal 1827 al 1830) la divisione navale si teneva nel meridiano di Algeri. Ivi la detta corrente ha una velocità media di circa mezzo miglio l'ora. Ebbene, questa posizione era facile a conservarsi con i venti dalla parte di Est, perché se uno o più de' bastimenti per causa qualunque si trovava sotto vento riprendeva facilmente il suo posto: invece co' venti da ovest era necessitato a correre delle lunghe bordate al largo per rimettersi in fila.

1123. * Bouët-Willaumez ci avvisa che presso la baja di *Gorée* la velocità della corrente, che porta al Sud, non è maggiore di 7 a 8 decimi di miglio all'ora, tuttavía per montare dal capo *Naze à Gorée, le louvoyage est-il plus long qu'on ne s'y attend tout d'abord.*

* Ed il medesimo ci avverte pure che *sur la côte d'Ivoire et la côte d' Or* la corrente non ha più di un miglio ad un miglio e mezzo di velocità all'ora; ebbene essa non tarda *à prouver aux plus obstinés qu'ils naviguent à reculons.*

1124. * La capitana portoghese, san Filippo, ove era imbarcato il Sassetti, soffrì lo stesso giuoco per correnti di simile forza. Mentre era nelle acque del golfo di Guinea presso alla linea equinoziale a un grado e mezzo, egli ci dice: *con la prua a libeccio, e 'l vento scilocco assai fresco, pensavamo doverci spedir da quella noia* (che la calma gli aveva prodotta): *se non quando l'altro giorno col sole trovammo d'aver fatto il viaggio*

del gambero, ché una corrente ci trasportò a dietro quel giorno e tre ultri poi, sino a che noi tornammo a montare in 5 gradi (cosa sentita non più).

1125. * Per la stessa ragione il Grenville Temple ebbe a notare nel suo giornale di navigazione sotto la data del 5 marzo 1855, che un migliaro di vele attendevano il tempo favorevole per sboccare lo stretto di Gibilterra. « Nel lasso di tre mesi, egli dice, né pure un naviglio è potuto entrare nell'Atlantico. » E sappiamo che la velocità media della corrente in quello stretto è di due miglia l'ora. Più di una volta anche io sono stato testimonio di simile fatto, ed ho inutilmente tentato di sboccare.

1126. Nei viaggi non facciamo mai entrare nel conto del cammino del bastimento il rilevantissimo moto di propagazione delle onde come moto di trasporto: noi prendiamo nota dall' urto soltanto facente parte dello scarroccio che dalla scia si misura, e (meno casi di vento gagliardo) ci troviamo a bastanza bene. Nè ciò risulta sempre per un tal qual compenso prodotto nei viaggi dalla variabile direzione dell'onde, perché molti esempi potrei citare fuori del caso della possibilità di questo compenso, specialmente dedotti da ripetuti piccoli viaggi da me fatti con legni a vela e con piròscafi, in acque morte, in quelle ondulate, e nelle correnti. Di più cogli stessi piròscafi avendo io nel 1842 dall' Oceano sboccato nel Mediterraneo a traverso alla Francia, e giunto da Londra a Roma percorrendo mare, fiumi e canali, ora armato di ruote ed ora senza, colla forza motrice di vapore, di vela, di uomini e di cavalli, ho potuto verificare il fenomeno dell'onda solitaria, e raccogliere dati di confronto che mi somministrano lumi non dubbî anche per la questione che tratto. * Tutto ciò non esclude che siavi sempre un piccolissimo moto orizzontale nelle onde; esclude che esso sia sempre apprezzabile, e però bisogna essere cautelati nel dargli un valore.

1127. Dunque, dovendo io ritener per fermo quanto asserisco, e potendo ogni altro convincersene se porrà mente ai sopra esposti fatti e a mille altri della stessa specie, non che al valore degli uomini citati in questo e nell'antecedente articolo, credo si converrà meco, che coloro i quali vogliono ammettere *sempre* moto valutabile di trasporto nelle onde, cadono in eccesso; come quelli

che non l'ammettono *mai*, restano in difetto. Ma mi si potrebbe rispondere, che il citato A. Stevenson riporta anco egli de' fatti osservati personalmente, e dai quali si è pienamente convinto dell' esistenza di apprezzabile moto di trasporto nell' onda, anche senza vento ed al largo. Anzi dai fatti stessi deduce una prova per lui concludente della forza percussiva e del moto progressivo delle onde (*of the percussive force and onward movement of the waves*), poiché in verun caso ammette, che il ripetuto trasporto possa essere il prodotto dell'urto delle onde, cioè del mero elevarsi ed abbassarsi del mare (64). Io ritengo per veri i fatti riportati dallo Stevenson, come sono tranquillo che nessuno potrà smentir quelli da me riferiti; ma bisogna avvertire di porli al loro posto. Quindi per ispiegare l'apparente contraddizione tra gli uni e gli altri, mi farò lecito osservare che lo Stevenson verificava i suoi fatti di trasporto, quando il bastimento si trovava in profondità di acqua non maggiore di 12 e 18 passi (*fathoms*) (metri 22 a 33), e perciò in profondità in cui l' onda, risentendo reazione dal fondo del mare, sviluppa un nuovo fenomeno; il qual fenomeno spiega quel trasporto senza bisogno di ammetter sempre e in ogni luogo l' esistenza di sensibile moto di massa nell'onda nel verso orizzontale. Di questo fenomeno passo ora a render ragione nei due seguenti articoli.

ARTICOLO OTTAVO

FORMAZIONE DELL'ONDA — SECONDO CASO E FINE DELL'ONDA

1128. * Più autori hanno scritto sul modo di formazione dell' onda nel mare prodotta dal vento, ma niuno, per me, con tanta chiarezza e verità quanto il de Tessan. Io ho provato di compilare una descrizione tutta mia, suggeritami dalla mia lunga esperienza, ma mi sono avveduto che in sostanza risultava come se stata fosse una libera traduzione di quel che egli ha dettato su questo fenomeno. Il cambiare di giro ad una frase, l'esporre lo stesso fatto con differente locuzione non costituisce., fra le persone che rispettano il diritto del lavoro altrui, proprietà di concetto o di scoperta: quindi a lui, che prima di me ha scritto, ed a parer mio bene, sul fenomeno della formazione dell'onda, mi sono interamente appoggiato.

1129. * « Quando l'aria è calma, la superficie del mare è perfettamente liscia, ad onta dei movimenti abbastanza rapidi di elevazione e di abbassamento che possono comunicarle le grandi ondulazioni che si propagano nel liquido. Questa superficie riflette allora la luce del cielo come uno specchio, e veduta un poco da lontano sotto una pronunziata obliquità, essa presenta un riflesso biancastro molto vivo ed in modo speciale molto caratteristico. Il mare sembra allora un vasto serbatojo di olio.

* Ma nel momento in cui una brezza notevole si fa sentire in un punto, ivi si vede il mare perdere il suo riflesso biancastro e prendere al contrario una tinta di turchino nerastro molto oscuro, che si distingue nettamente da tutto il resto. Questo cambiamento di tinta, sotto l'azione di una brezza nascente, si scorge da lungi (tre miglia ed anche più), ed annunzia ai marini l'avvicinarsi del vento.

* Si è qualche volta meravigliati del lungo tempo che passa tra la vista di questo primo indizio di vento ed il suo arrivo a bordo. I marini vedono in questo lento avanzamento un presagio di lunga durata del vento che nasce; ed il fatto è che le brezze perdute (*brises folles*) che non colorano il mare se non in punti isolati, sembrano trasportarsi da un punto all'altro con una estrema rapidità. Si spiega nulladimeno quella apparente lentezza confrontando la velocità reale del vento con la distanza vera che separa questo primo indizio dall' osservatore; perché, se la distanza è di tre miglia, e la celerità del vento di 2 metri per secondo (vento atto a far filare ad un bastimento 3 nodi e più), saranno necessari più di tre quarti d'ora al vento per percorrere questa distanza: e bisognerebbero 11 minuti ad un vento di 8 metri per secondo, ossia ad un vento fresco (*brise fraîche*).

1130. * Il cambiamento di colore del mare, sotto la prima impressione del vento, è dovuto alla formazione delle piccole increspature, intorno la formazione delle quali non sarà inutile trattenerci; perché queste sono i veri elementi di quei marosi, di cui il maestoso sviluppamento colpisce sì vivamente l'immaginazione.

* Queste piccole crespe vedute da vicino, danno al mare

l'apparenza di una superficie coperta di squame. Ciascuna crespa ha sensibilmente le forma di un semicircolo, del quale il diametro ingrandisce continuamente. Questi semicircoli sono soprapposti in una istessa linea perpendicolare alla direzione del vento, ed i semicircoli della linea seguente ricuoprono le giunture di quella che la precede, nella stessa guisa delle tegole piane in un tetto. La superficie di questi semicircoli è liscia, leggermente conoide, e si alza un poco nella direzione che segue il vento; di maniera che la parte più alta si trova nella parte più avanzata del semicircolo, al punto ove questo taglia la congiunzione dei due semicircoli della linea che precede. Questa è la forma della parte posteriore del piccolo flutto che si è composto, dalla parte che ha ricevuto l'azione diretta del vento; e questa è la faccia superiore della squama. In quanto alla parte anteriore, essa è al contrario increspata, leggermente convessa, molto inclinata all' orizzonte, e quattro o cinque volte meno estesa della faccia posteriore, della qnale essa ne limita il contorno semicircolare. Essa forma come il grosso ciglio di una squama.

* Le crespe circolari strettissime, di cui questa faccia è coperta, sono nel numero di quattro o cinque e sono evidentemente della stessa natura di quelle che si sono notate sulla prora fluida (*bourrelet*) che precede tutti i corpi galleggianti, dotati di un movimento di translazione. Esse sono evidentemente dovute ad un movimento simile comunicato all' acqua, che forma la faccia posteriore del piccolo flutto; acqua che l'aria in movimento trascina (*entraine*) con essa a causa della sua aderenza e dell'attrito suo.

* Così il vento, in luogo di formare un lungo solco perpendicolare alla sua direzione, come si avrebbe dovuto attendere e come termina col farlo in realtà, non traccia da principio sulla superficie del mare che un seguito regolare di semicircoli, ricoprendosi gli uni con gli altri come delle squame. Ed è al punto dell' incrociamento di questi semicircoli che si trova la parte più elevata del composto piccolo flutto.

* Questi piccoli flutti dileguansi quasi istantaneamente, tosto che la brezza cessa, come facilmente si vede nel caso delle brezze perdute.

1131.* La formazione dei ripetuti piccoli flutti dipende intimamente dall'aderenza od attrito dell'aria contro la superficie dell'acqua, come si può con facilità convincersene spargendo in essa un leggero strato di olio, giacché si vede allora questa superficie restare liscia e senza increspature, anche con vento fortissimo, quantunque essa possa essere tuttavía molto commossa e molto ondulata in seguito della comunicazione di movimenti ondulatorî provenienti da lontano.

* Questa proprietà dell' olio di rendere la superficie del mare liscia e non increspata, e di dare ancora al mare l'aspetto che presenta, allorché una istantanea calma dell'aria succede ad una furia di vento, ha fatto credere e dire che l'olio aveva la proprietà di calmare le onde; ma l'olio non oppone alcun ostacolo alla propagazione delle onde formate altrove, solamente, diminuendo molto la presa del vento sopra l' acqua nel luogo ove esso è sparso, può opporsi efficacemente all'accrescimento ulteriore dell' onda in quel luogo, e diminuire in modo vantaggioso ai bastimenti la velocità di trasporto che il vento imprime alla cresta dei marosi (*qui deferlent*, aggiunge il de Tessan, ma io sopprimo questa condizionale, perché non la credo necessaria), o ancora impedisce al maroso di frangere (*déferler*) (249 al 253). Egli è evidente che per poter produrre un effetto notabile, bisognerebbe impiegare grande quantità di olio, e spesso rinnovarla; perché esso si spande con rapidità in strati talmente sottili nella superficie dell' acqua, che non produce più l'effetto, e sparisce per semplice evaporazione dopo aver mostrato delle brillanti tinte nei cerchi colorati.

* La velocità di propagazione di questi piccoli flutti primitivi, cioè la velocità d' ingrandimento dei loro diametri è piccolissima; e se il vento continua a soffiare, si formano dei nuovi flutti sopra i primi. In certi punti, le altezze dei secondi si aggiungono alle altezze dei primi; in altri, i cavi si aggiungono ai cavi, ed i flutti aumentano in altezza e profondità. La forma circolare primitiva svanisce completamente, ed in breve non si vede altro che una successione alquanto irregolare di sommità, di forme più o meno vicine a quelle piramidali.

* In questo stato, se il vento cessa instantaneamente, anche i flutti prontamente si dissolvono, perché essi non hanno

puranco la forma voluta per propagarsi a grandi distanze senza deformazione sensibile.

1132. * Non prima di un'ora o due di azione, secondo la forza del vento, si vedono, in alto mare, le vere onde delinearsi al di sotto di questi flutti piramidali.

* Se, in questo nuovo stato, il vento viene a cessare subitamente, le crespe spariscono per prime, e quasi instantaneamente; e lo stesso presso a poco accade alle creste puntute ed ai cigli acuti che sormontano i flutti piramidali, di modo che questi si arrotondano sopra il dorso, e perdono così rapidamente gran parte della loro altezza: ed il mare allora per qualche tempo, è tormentato da una ondulazione (*houle*) corta e irregolare, che termina alla sua volta per non lasciar vedere e sussistere se non che le vere onde che si propagano al disotto di detta ondulazione. Queste onde hanno poca altezza, hanno grande larghezza nel verso della propagazione, ed una molto maggiore lunghezza nel verso perpendicolare; esse si propagano a distanza senza deformazione sensibile, ma nulladimeno finiscono con dissolversi anche esse diminuendo a poco a poco, e lentamente, di altezza. La coesione del liquido sembra essere una delle cause principali di questa diminuzione nell'altezza; giacché più il liquido è glutinoso, più il decrescimento dell'altezza delle onde è rapido, come si vede facilmente dalla cessazione rapida delle piccole onde prodotte alla superficie di una massa di olio.

* La formazione di queste grandi onde regolari al disotto di questa specie di caos che presentano i flutti piramidali urtandosi gli uni contro gli altri, non sembra facile a spiegare: si sa solamente che la durata e la forza del vento, o piuttosto la durata e l'altezza dei grossi flutti piramidali che esso forma e dei quali esso conserva l'esistenza, hanno una manifesta influenza sopra la formazione di queste grandi onde, sulla loro altezza principalmente, e sulla rapidità della loro apparizione.

* L'estensione orizzontale del bacino del mare, o piuttosto l'estensione della parte sottoposta realmente all'azione del vento, sembra avere una diretta influenza sulla larghezza delle onde, ossia sulla distanza delle cime o creste di due prossime onde, perché il rapporto della larghezza all'altezza di queste, è evidentemente minore nel Mediterraneo che nell'Oceano atlantico

e minore nell' Oceano atlantico che nei paraggi del Mare del Sud ove esse si sviluppano, senza veruno ostacolo, sopra una immensa estensione nella direzione stessa, donde abitualmente e con forza il vento soffia. » (1052).

1133. * — Il de Tessan oltre alla qui sopra descrizione della origine e della formazione dell'onda, parla ancora di altri fenomeni di essa: il lettore ha già trovato il nome di lui registrato in più punti di questo libro. Nella promessa Appendice, si leggeranno di più, nell'aurea Memoria di questo dotto ingegnere, importanti e lucide dimostrazioni sul moto orizzontale delle molecole componenti l'onda in alto mare e presso i lidi, non che sugli effetti meccanici sviluppati dall'onda quando incontra ostacoli che si frappongono al suo moto di propagazione —.

1134. * Fin qui l'onda maestosa e rapida trascorre il vasto e profondo mare, sviluppando i fenomeni notati negli antecedenti articoli, che abbracciano tra gli altri quelli del primo caso (1023 al 1102) : ma quando la diminuzione dell' acqua, ossia il rialzarsi del fondo, pone ostacolo al libero sviluppamento dell'onda sotto la superficie del mare, accade un nuovo fenomeno, e di questo intendo ora di parlare, poiché per lui son condotto a render ragione del secondo caso, sul quale già richiamai l'attenzione del lettore (1023).

1135. Esporrò prima di tutto il mio modo di vedere sull'onda presso il littorale, e quindi parlerò del fenomeno che quivi appunto si deve produrre in essa, quando per la poca profondità dell' acqua non può svilupparsi liberamente sotto il livello del mare.

È certo che l'onda si sviluppa molto e molto più sotto che sopra la superficie : l'esperienza ci ha dimostrato che l'agitazione si può trasmettere a grandi profondità (583, 590, 642, 652, 778, 851, 890 e 1021). Quindi la diminuzione del fondo del mare deve esercitare reazione nel moto delle molecole, qualunque sia la natura della linea che descrivono. Le onde provenienti dal largo si devono trovare raccorciate e riflesse urtando nell' ostacolo che loro frappone il fondo, e perciò l'andamento primitivo di esse deve soffrire perturbazione; ossia deve succedere in esse un notabile spostamento di massa liquida. Non potendo cader dubbio su ciò, mi trovo indotto a

conchiudere che quel moto delle molecole, il quale per lo innanzi era semplicemente orbicolare o verticale debba divenire in fine orizzontale con traslazione continua. Gli effetti di questo cambiamento nel meccanismo dell'onda sono, a parer mio, non meno luminosi de' fatti che convincono del moto dell' onda soltanto apparente in grandissima parte, ed il più delle volte, in alto mare (1120 al 1127).

1136. All'avvicinarsi al lido, o più precisamente ove l'onda non trova libero svolgimento, io ho per fermo che non solo debba nascere un altro fenomeno, ma ch'esso debba ancora estendere la sua influenza in tutta la massa che compone l' onda. Per render ragione di questa mia proposizione, dopo aver premesso in genere le cose discorse, giudico opportuno di presentare le mie idee in aspetto concreto, e così dar conto puranche dell'azione de' flutti sul trasporto de' bastimenti presso i lidi, e di quella di zappare e di convogliare i detriti del fondo del mare. In queste ricerche sento il dovere di porre la questione nel suo vero punto, e di essere il più possibilmente chiaro, dappoiché Arago ha detto che *dans le siècle où nous vivons, poser une question scientifique avec netteté, c'est la resoudre à moitié.*

1137. Ecco dunque come io mi figuro l'origine e la fine dell'onda prodotta ed accompagnata dal vento, ove il fondo del mare venga a diminuirsi e terminare in spiaggia della natura e forma di quelle che noi chiamiamo sottili, supponendo nel vento una velocità costante di 7 a 8 metri in un secondo di tempo, e già da qualche ora in azione.

Ho detto che la massa dell' acqua, nei tempi più soliti, non ha moto sensibile di traslazione orizzontale in alto mare; ivi l'onda potendosi sviluppare liberamente sotto la superficie, il moto può dirsi interamente apparente, ossia di vibrazione soltanto. Propagandosi questo moto verso la spiaggia, l' onda deve incontrare nella parte inferiore il fondo del mare che contro la direzione del proprio moto s' innalza. Allora quelle molecole dell' acqua, che fan parte del meccanismo della intera onda e che urtano nel fondo, devono risentire reazione ed anche, nel voltare verso la superficie, concepire una velocità maggiore di quella che avrebbero avuto senza l' incontro di quest' ostacolo, mentre le molecole che in quell' istante trovansi

più elevate , non potendo continuare liberamente il loro cammino nell' interno della massa liquida, devono urtare nelle sottoposte ed obbligare l'onda ad innalzarsi maggiormente. Quindi l'onda da questo primo scontro della sua base col fondo deve cominciare a perdere l'equilibrio ed inclinarsi, progredendo così con un primo spostamento valutabile nella massa dell' acqua tendente alla orizzontalità; spostamento che può partecipare la chiamata a qualche distanza anteriore al sito ove il fenomeno acquista valore. La propagazione dell'onda che si è conservata, le onde susseguenti , e la sempre decrescente profondità dell'acqua, devono costantemente dar luogo agli stessi urti contro il fondo ; quindi agli stessi effetti, ma in proporzione sempre più notevoli: dimodoché sempre maggiore e più veloce sarà lo spostamento orrizzontale di massa, a misura che i flutti si accostano alla riva. Oltre a ciò , siccome col diminuire la profondità dell'acqua diminuisce ancora la velocità di propagazione dell'onda, mentre la velocità del vento resta costante, così ne conseguita che gli effetti dello sfregamento od impulsione dell'aria sul fianco inclinato dell' onda saranno ben maggiori di quando l'onda fugge liberamente e conserva la sua forma normale. In questo stato, io stimo che lo spostamento abbia già alla superficie una quinta parte della velocità sviluppata dalla propagazione delle onde; spostamento che segue, come diceva, una progressione rapida, a misura che la profondità dell'acqua diminuisce e l' inclinazione delle onde aumenta. Conservandosi pur tuttavía il moto di propagazione e , per la sempre crescente reazione, elevandosi sempre più il moto ondulatorio al di sopra della superficie del mare, si giunge al punto che l'onda perde interamente l'equilibrio e cade frangendosi; al quale effetto prende anche parte il ritorno o risacca del flutto che sviluppato sulla spiaggia ne discende ed in un angolo più o meno retto ed a distanza più o meno grande dalla riva incontra la susseguente onda. Questa, come l' antecedente ad essa , si rotola e riversa sul piano ascendente della spiaggia colla velocità orizzontale che di già possedeva, aumentata nella caduta dalla sua più grande altezza, e raggiunge così una velocità finale ben superiore a quella di propagazione.

1138. Quello strato di molecole, che è come staccato nella

parte inferiore dell' onda nel primo scontro sofferto sul fondo del mare, deve, nel voltarsi verso la superficie, prendere un moto di traslazione di massa, che nel primo momento può avere varie direzioni, ma la principale sarà a seconda della propagazione dell'onda per effetto della direzione dell'urto ricevuto dalle molecole sovraincombenti che tendono al movimento progressivo verso il lido. L' azione poi di detto urto si può ritenere per potentissima, ed Emy e Virla si trovano d'accordo a credere la sola pressione de' flutti anche capace di produrre effetti analoghi al *piston d'une pompe foulante*. Questo inciampo della base dell'onda nel fondo del mare dà origine adunque ad un nuovo fenomeno che Emy chiama *flutti del fondo*. Ma il letto del mare, di qualunque natura e forma esso sia, deve ritardare e consumare il moto di questi flutti. Quindi è che io non posso trovarmi d'accordo con Emy, il quale vuole che quello strato di molecole, che ha risentito l'urto e formato i flutti del fondo abbia sempre velocità non inferiore a quella di propagazione dell'onda. In questa parte sarebbe meglio attenersi al parere di P. Monnier, il quale conviene sulla generazione de' flutti del fondo voluti da Emy, ma non ammette che la velocità di essi possa essere eguale a quella di propagazione dell'onda alla superficie del mare. Non pertanto si dichiara convinto, ch'essi sono animati da un rapido moto di traslazione. Io però, come ho detto poco sopra, non solo ammetto moto di trasporto nello strato inferiore dell'onda, ma benanche, in questi casi, in tutta la massa che la compone; il che si esclude da Emy, da Virla, e dai seguaci loro. Del qual fenomeno fra poco renderò ragione.

1139. La residuale forza progressiva delle molecole, che formano i flutti del fondo, o corrente sottomarina, viene alimentata ed animata dalla forza d' impulsione successiva, che nello stesso posto imprime la susseguente onda: dimodochè ricevendo nuova spinta, aumenta la velocità sua e quella delle altre molecole già verso il lido pur esse dirette, seguendo la corsa sotto l'acqua ondulante: ma la corsa della parte inferiore dell'onda sarà sempre dipendente dagli accidenti del fondo, dalla profondità del mare, e dalla forza d' impulsione delle onde. Intanto l'onda progredisce verso la riva, e così progredendo, elevandosi, inclinandosi ed accorciandosi quanto più scema il fondo,

seguita a percuotere a più brevi intervalli il letto del mare incidendolo con effetto sempre notabile, dovuto all'aumentata altezza ed alla forma più verticale presa dall'onda verso il lido, la cui risultante azione deve produrre solchi ben maggiori di quelli prodotti contro un ostacolo di natura identica, da una corrente di eguale velocità e massa; perché la corrente non agisce, come le onde, per percosse, cioè con urti intermittenti e spesso rinnovati, ma a pressione continua. Cosicché in forza di questo ripetuto giuoco fra le molecole superiori ed inferiori dell'onda, sempre diretto a seguire la direzione dell'ondulazione, aiutandosi le une colle altre, conservasi al *fluttocorrente del fondo*, o parte inferiore dell'onda, rilevante velocità fino alla sponda, quantunque le *onde intestine estintive* del Tadini e la progressiva diminuzione del fondo del mare gli frappongano crescente resistenza, aumentata ancora dalla risacca.

1140. Duperrey riferiva all' accademia delle scienze in Parigi che, « secondo i calcoli del Keller, quando l' altezza dell' onda è doppia della profondità, il moto di traslazione di essa non è più semplicemente apparente come in alto mare; *mais cette onde se transporte réellement de toute pièce*, trascina tutto ciò che incontra nel suo passaggio, e percuote con potente energía tutti gli ostacoli frapposti nel suo cammino » (1). Lo stesso Duperrey aggiungeva inoltre di aver avuto occasione, nell' arcipelago delle isole di *Sandwich*, *de franchir avec rapidité des éspaces considérables en se faisant transporter à terre dans une embarcation sans autre moteur que la lame*. A me sembra però che in questi casi l'onda siasi già franta. Vetch dalle esperienze di Russell ha dedotto, che le onde si rompono sempre quando la profondità dell'acqua non è maggiore della loro altezza di sopra del vuoto antecedente; ma io ho provato che in pratica ciò accade il più delle volte in profondità di acqua ben maggiore di detta altezza, per la nuova

(1) Secondo il rapporto fatto all' Accademia fin dal 1847, l' opera del Keller deve contenere preziosi documenti ed utili ragionamenti sulle maree, e pare anche sul moto ondoso dovuto al vento: ma essa non è ancora pubblicata. Io non ho mancato di farne ricerche continuate sino al corrente anno 1864. È a desiderare, pel decoro della scienza e per la utilità de' marini, che il dotto e perito autore pubblichi al più presto questo suo lavoro.

forma che le onde hanno preso, per la pressione che in esse esercitar deve la velocità iniziale di propagazione e per il vento che le incalza con velocità molto più grande della loro medesima propagazione quivi ridotta. Carlo Acton ha registrato, come dissi (589), che nella straordinaria fortuna sofferta dalla squadra inglese sulle coste della Siria, dal 1 al 3 dicembre 1840, furon visti i marosi frangere alla profondità di 46 passi (metri 84). Ma nelle fortune ordinarie, anche prolungate, la mia esperienza e le notizie da me raccolte in proposito, mi fan certo che nell' Oceano debba limitarsi a 50 metri la profondità, ove si frangono le onde (583), e nel mare nostro a metri 25 (590) ne' fondi arenosi, ossia di media resistenza. Ma sopra questo fenomeno avrò occasione di fermarmi più di proposito nel susseguente capitolo.

1141. Nell'ammettere, come dicevo di sopra (1136 e 1138), moto di trasporto in tutta la massa che costituisce l'onda, ravviso però nelle molecole, prima ch'essa si franga, una diversa potenza di azione; cioè la parte superiore e quella inferiore dell'onda formano, a parer mio, due specie di correnti, di minima azione la prima che io chiamo *fluttocorrente della superficie*, di massima la seconda, che io ho chiamato *fluttocorrente del fondo*, e partecipanti a questi due estremi le molecole intermedie; cosicché deve accader nel flutto l'opposto di quel che verificasi nelle acque correnti de' fiumi, perché in queste il ritardo notabile di velocità causato dal letto generatore di onde estintive, non viene ripetutamente compensato, e ad esuberanza, dagli urti incidenti ed intermittenti del flutto sulle molecole che si trovano nel fondo del mare. Quando l' onda è franta, si traspone l'azione massima del fenomeno; nel quale caso segue la legge de' torrenti in piena istantanea. Mi si abbia per iscusato se riferisco de' fatti, onde provare l'esistenza del suddetto moto di trasporto, ed appoggiare la distinzione fra le due specie di *flutticorrenti*. — Prego il lettore a seguirmi attentamente, perché questo fenomeno non solo non è stato ancora da altri spiegato, ma neppur avvertito —.

1142. * Io ripeto queste parole già pubblicate nel 1856: allora erano vere in ogni parte. Ma oggi si è cominciato da altri a spiegare e ad avvertire lo stesso fenomeno. Oggi non son più

solo. Tre anni dopo il Brighenti lo formulava, usando nella sostanza la medesima spiegazione mia. Il valore di questa conquista m' incoraggia a sperarne delle altre.

1143. « La prima cosa, dice J. F. W. Herschel, che una mente filosofica considera quando un nuovo fenomeno si presenta, è la *spiegazione* o il modo di riferirlo ad un' immediata causa producente. Se questa non si può accertare, la seconda è di *generalizzare* il fenomeno e d' inchiuderlo, con altri analoghi nella espressione di qualche legge, con la speranza che la sua considerazione, quando la scienza abbia maggiormente progredito, possa condurre alla scoperta di una causa prossima adeguata. » Io per provare come il moto apparente delle onde divenga anche reale presso i lidi, mi permetterò di cominciare dalla seconda parte della surriferita sentenza dell' Herschel, e quindi, seguendo le norme da lui indicate per la prima, mi adoprerò a viemeglio sostenere la mia proposizione. Potendosi riguardo a questa, battere ambedue le vie, quella cioè dell'analogía e quella della immediata causa producente, spero che siffatto ordinamento nel procedere farà chiaro il lettore intorno alla giustezza dell'assunto.

1144. Con ragione Whewell ha nominato *ondamarea* (*tide-wave*) quel sorprendente fenomeno che faceva cantare a David: *Mirabiles elationes maris*, *mirabilis in altis Dominus*; e dire a Dante: *Cuopre ed iscuopre i liti senza posa*; e benché la causa di questo fenomeno sia ben differente da quella delle onde, di cui mi occupo, pure deve ammettersi « che, come nota P. Monnier, il ripetuto fenomeno si propaga nello stesso modo delle onde alla superficie dell'acqua tranquilla »; perché in sostanza le maree non sono che delle grandi onde, il cui cammino è divenuto regolare e la cui rivoluzione o sviluppamento è di circa dodici ore. Ora, qual'è la legge di detta ondamarea? Se l'Oceano coprisse tutta la terra in modo uniforme la velocità di propagazione di questa immensa onda sarebbe di circa mille miglia l'ora sotto l'equatore; « ma, soggiungerò con Chanzallon, gli ostacoli frapposti dai giganteschi bracci dell'Affrica e dell'America la riducono nell'Oceano atlantico a 600 miglia l'ora » ove il piombino non tocca fondo: essa diminuisce ancora di molto quanto più diminuisce il fondo del mare, e si può applicare al suo movimento

di trasmissione l' equazione che Lagrangia ha trovato per la velocità di propagazione delle onde, sostituendo nella formola da me riportata (129) le quantità analoghe al movimento delle grandi ondulazioni delle maree. Così Whewell ha determinato con il calcolo le profondità corrispondenti alle velocità che risultano dalla distribuzione delle ondulazioni o linee cotidali (*cotidal-lines*) sopra la sua carta; determinazioni che si trovano d'accordo con quelle de'mari, la cui profondità è conosciuta per mezzo dello scandaglio. In Keith Johnston trovo la seguente tavola, e la vedo anche nel Maury, la quale ci dà la velocità della ripetuta ondamarea secondo le varie profondità del mare:

Fondo,	*fathoms*	4000	(metri	7320,00)	velocità	500	miglia l'ora
»	»	1000	»	1830,00	»	250	»
»	»	400	»	732,00	»	160	»
»	»	200	»	366,00	»	114	»
»	»	100	»	183,00	»	80	»
»	»	90	»	164,70	»	77	»
»	»	80	»	146,40	»	73	»
»	»	70	»	128,10	»	65	»
»	»	60	»	109,80	»	63	»
»	»	50	»	91,50	»	57	»
»	»	40	»	73,20	»	51	»
»	»	30	»	54,90	»	44	»
»	»	20	»	36,60	»	36	»
»	»	10	»	18,30	»	25	»
»	»	1	»	1,83	»	8	»

1145. Eguale fenomeno debbo ammettere nell' onda prodotta dal vento. John Russell dal risultato de' suoi esperimenti si è convinto « che la velocità di propagazione di quest'onda dipende principalmente dalla profondità del liquido, variando come la radice quadrata di questa misura. » De Caligny conferma questa legge, ed abbiamo veduto che Lagrangia aveva già introdotto nella sua teoría questo elemento di verità. Anche io ho avuto più volte occasione di verificare in grande un tal fenomeno, ed esso mi viene pure dimostrato da quel frangersi

delle onde tutto all'intorno di un golfo di spiaggia sottile, quantunque la direzione della propagazione di esse dovrebbe essere pressoché parallela ai lidi laterali, e solamente normale a quello del fondo del golfo. Ma l'onda che viene dall'alto mare ed imbocca direttamente nel golfo, incontrando la prima resistenza nel fondo del mare nei due lati dell' imboccatura di quello, ne deve quivi soffrire ritardo nel moto di propagazione, perché nel mezzo del golfo, ove l'acqua è profonda, corre con più velocità, e così è obbligata a piegarsi ed a sottigliarsi gradatamente verso i lidi laterali e frangersi poi contro di essi. Fatto notato anche da A. Lieussou nei golfi dell'Algeria.

1146. * Alle citate autorità, ed alle esperienze mie, aggiungerò oggi anche quella del Secchi. « È mostrato dall' osservazione e dalla teoría, egli dice, che le onde dei fluidi pesanti, come l'acqua, nella loro velocità non sono indipendenti dal fondo, ma che all'alzarsi di questo sono più ritardate. »

1147. In alto mare quelle velocità di trasmissione dell'ondamarea non sono sensibili alla pratica della navigazione, come precisamente, fuori di casi speciali, non lo sono quelle che risultano dalla propagazione dell' onda dovuta al vento; anzi bisogna guardarsi bene dal confondere tali velocità con quelle delle correnti. Ma è un fatto, che quel moto di trasmissione dell' ondamarea a distanze più o meno grandi dalle rive secondo la forma e giacitura del sito, si trasforma in parte, per difetto di profondità di acqua, anche in moto di reale trasporto di molecole, la cui velocità è generalmente non minore di due miglia l'ora, e giunge a sei ed a dieci, secondo gli ostacoli che incontra lunghesso i lidi: colla differenza però, che mentre per gli ostacoli diminuisce la velocità di propagazione, per essi aumenta quella di trasporto delle molecole. Vicino il lido, secondo il Keller, la velocità di queste correnti *est moitié en sus de celle indiquée par les courants du large*. Al fatto dell' ondamarea divenuta anche *mareacorrente* è d'aggiungerne un secondo che Savary qualifica per *important*, notato da Leonardo, osservato da Beautemps-Beaupré e confermato dalle accurate ricerche di White e di P. Monnier; quello cioè che la suddetta mareacorrente a qualche distanza dalla costa continua tuttavía nel verso del moto di trasmissione due o tre ore dopo l' alta

marea, e benanche quando il livello di questa si è già considerevolmente abbassato, ossia quando già è in pieno corso il riflusso.

1148. Ora se quel moto di ondamarea, che in origine è moto di propagazione soltanto, per la reazione del fondo del mare si converte poi anche in moto di mareacorrente, ossia di reale trasporto di massa liquida, non so persuadermi come nell'onda (flutto), che ha tanta analogía coll'ondamarea, non possa accadere lo stesso fenomeno; ma che invece si debba sostenere, che sempre ed in ogni luogo essa non sia animata che di moto apparente soltanto, quindi di niun valore per la pratica della navigazione e per gl' interrimenti de'porti; ovvero che abbia sensibile moto reale solo nella parte inferiore dell'onda, quindi non mai apprezzabile per la navigazione. — Vengo all' altra parte della su indicata sentenza dell' Herschel (1143).—

ARTICOLO NONO

TRASPORTI MANIFESTI CAUSATI DAL MOTO ONDOSO PRESSO I LITTORALI DELL' OCEANO.

1149. Per appoggiare viemeglio l' esistenza de' flutticorrenti alla superficie del mare cade qui in acconcio riportare i fatti osservati dallo Stevenson, già da me menzionati (1127), e pei quali egli si è convinto del moto progressivo apprezzabile che posseggono, a parer suo, *tutte le onde* (*all waves*): convinzione per me difettosa, perché non ammette eccezione né di luogo, né di tempo. Egli così si esprime: « Io non posso immaginare che le onde del mare non esercitino forza percussiva e moto progressivo, quando osservo il loro potere nel sospingere innanzi un bastimento che non ha né vento, né marea per muoversi, ovvero un bastimento ancorato; effetto che io ho notato *in tredici e diciotto passi* (24 e 33 m.) di acqua: oppure quando considero, l'altezza cui lo sprazzo s' inalza in acqua profonda percotendo un bastimento ancorato. Quanto a questo potere delle onde in acqua profonda, pel quale si trasportano innanzi i bastimenti nella direzione del loro proprio moto, io posso asserire di aver più particolarmente osservato in profondità di 12 e 13 passi

(22 e 24 metri), che una barchetta è trasportata innanzi con sorprendente rapidità dalla sola azione, ben inteso, dell' onda. Alcune volte in un piccolo bastimento, particolarmente nel paraggio del *Mull* di *Kintyre* in *Argyleshire*, e di altri luoghi ove il mare si eleva molto, ho provato una sensazione come se il bastimento fosse per isfuggire sotto i miei piedi e lasciarmi indietro: in tal circostanza il bastimento, sospinto innanzi da un'onda avente rapido moto, ha percorso un tratto in avanti del tutto diverso dalla spinta che risulta da un mero cambiamento di livello (*altogether different from the pitching which results from a mere change of level*). Io ho ancora frequentemente osservato, mentre mi trovava sull'estremità de'moli situati in acqua profonda, i bastimenti progredire per la sola azione delle onde. » Dalle circostanze però che accompagnarono i fatti raccontati dallo Stevenson chiaro apparisce, ch'essi avevano effetto in luoghi ove l'onda risentiva reazione dal fondo del mare, perché, al certo, in profondità di acqua non maggiori di 22 a 33 metri non doveva essere più libero lo sviluppamento inferiore di essa: quindi questi fatti confermano il mio assunto, e non provano esatta la convinzione di lui. Ai quali fatti fo seguito con altri più rilevanti ancora.

1150. * Byron, presso le isole *de Wert* si trovò in mezzo a straordinarie onde, le quali *nous portèrent*, egli dice, *rapidement sur le rivage et nous mirent dans une situation critique*. Fortunatamente *un vent frais da S.E. vint à notre secour*.

1151. * Cook, in vicinanza dell' isola *Tiookéa*, ebbe a notare, « *comme la brise était faible, les lames nous entraînaient sur la rive occidentale*, dimodoché, noi non eravamo più, che a due miglia di distanza *et nous revirâmes de bord par* 150 *brasse d'eau* (m. 243) *fond de vase*.... Appena girato, la brezza cessò interamente e *nous laissa à la merci des lames, qui nous jetaient sur la rive* . . . La calma continuò . . . *et dans un moment, les lames nous entraînaient si près du rivage, que nous attendions à être forcés de laisser tomber l'ancre sur* 85 *brasses de fond* (138). *Une brise* ec. . . . »

1152. * Altrove (presso l' isola dei Pini), era calma perfetta di vento; *La lame et le courant, de concert, nous poussaient vers les brisans*.

1153.* Un altra volta, in lat. 19°07′ Sud e long. 163°57′Est: *Le calme nous laissa à la merci d'une grosse lame qui nous poussait directement sur le récif*, distante appena una lega. Il piombino con una sagola di 200 passi (m. 325) non toccò fondo.

* Il medesimo ci dice ancora, mentre era vicino alla terra *Thulé-Australe*, il vento era leggerissimo; *et nous fûmes abandonnés à la merci d'une grosse houle de ouest, qui portait directement sur la côte*. Scandagliò, ma non ebbe fondo con una sagola di 200 passi (m. 325).

1154. * Così ci dice pure; mentre (nelle isole di *Sandwich*) voleva montare una punta, sopraggiunse la calma *et nous fûmes abandonnés à la merci d'une houle du N.E., qui nous entraînait rapidement vers la terre.*

* Quattro giorni dopo: restammo *à la merci d'une houle qui nous entraîna avec vitesse vers la terre, éloignée seulement de deux lieues* (isole *Sandwich*).

* E dopo altri otto giorni: *La houle était forte, et elle portait obliquement sur la côte.*

* E per ultimo questo scrupoloso narratore, trovandosi presso l' isola *Tahoorowa*, scrisse: *Le lendemain au matin nous reconnûmes qu'une forte houle du N.E. nous avait jettés sous le vent.*

1155. * Vancouver si trovava in 28°56′ lat. S. e 42°30′ long. E. presso alcuni banchi di sabbia che egli aveva intenzione di riconoscere. Ma *le vent qui soufflait de l'O.S.O., prit une telle violence, qu'il fallut abandonner cette recherche*..... Egli non tardò ad aver un *gros coup de vent, accompagné de fortes rafales, et une mer effrayante*, che l'obbligò a prendere delle precauzioni per assicurare la sua alberatura; tuttavía fece forza di vela serrando il vento, *malgré les dangers qu' il y avait de la perdre* (*la misainé*), *afin de sortir du parage* assegnato ai detti banchi. *J' observerai toutefois*, egli aggiunge, *que malgré nos precautions pour nous en éloigner, nous en passâmes assez près pendant la nuit; car nous remarquâmes le lendemain, qu'au lieu d' avoir fait 14 milles au Sud, comme l' indiquait l'estime, nous nous trouvions a 12 milles au Nord* ». E quale fu la causa di questo notevole trasporto? Egli trova *vraisemblable que cette dérive fut l'effet d'un courant occasionné par des*

bancs de sable: ossia, credo dover aggiunger io a maggior chiarezza, questo trasporto fu l'effetto del fluttocorrente prodotto dall' inciampo dell'onda contro i banchi di arena.

1156. * Stavorinus, essendo presso il capo di Buonasperanza, con calma di vento, notò che *de grosses houles du S.O. nous portèrent fortement vers la côte orientale, dont nous eûmes beaucoup de peine à nous alarguer.*

1157. * Al largo del capo *Kéraudren* ed all'O.N.O. di questo capo, vi è un esteso banco di arena *sur lequel la mer brise avec fracas.* Avvi nulla meno, dice Freycinet, buon passaggio fra la terra e questo frangente, *qui semble être recouvert lui-même par beaucoup d'eau.* I nostri marinari, egli aggiunge in nota, *croyaient que ce brisant attirait le navire. Je suis bien éloigné de partager une idée aussi ridicule; mais il est certain que l' illusion à cet égard, était telle, qui il fallait s'aider du raisonnement pour s'en garantir.* » I marinari, osserverò io, non s' illudevano, essi notavano un fatto, che parlava ai loro sensi, ma che non esprimevano con esattezza. Certo, non era il frangente che *attirava* il bastimento, ma si bene il fluttocorrente che trasportava il bastimento sopra quello. Di questi casi ne abbiamo degli altri, come vedremo.

1158. * De Krusenstern ci dice: *Les lames furent si fortes*, che il bastimento, malgrado il rimurchio di *deux canots*, era trasportato *sensiblement sur les rochers*: il vento era calmo, e sorto poscia un leggero vento di nord, *nous tira de danger.*

1159. * Monnier ha notato che nella baja di *Saint-Pierre* (isola Martinicca) i bastimenti sorpresi all'àncora *par des grands vents du large*, si trovano nella più critica posizione. Se essi tentano di guadagnare l' alto mare facendosi rimurchiare *par des embarcations*, o con l' aiuto di più bordi, *ils sont bientôt affalés sous la terre par des lames énormes.*

1160. * De Roquefeuil ha registrato: Il vento calmò interamente, *et malgré tout ce que nous pûmes faire, la houle nous drossa jusqu' à un mille de la Pedra-Blanca.*

* Ed altrove il medesimo ha pur registrato: Noi avevamo *doublé tous les dangers, mais la brise tombait, et une grosse houle du N.E. nous portait sur la côte E. qui est hérissée de brisans.*

* Così lo stesso de Roquefeuil ha scritto : A un'ora partimmo dal porto di *Taogou*, e bordeggiammo per uscire dalla baja. Quantunque rimurchiati *par le grand canot et la balenière, nous fimes peu de progrès, la brise étant faible et la houle portant en dedans vers le village de Tava.*

1161. * John Ross trovandosi ad un miglio da una punta del capo *Cranwford* in 25 tese (50 metri) di acqua, fondo di sabbia e di conchigliame, notò che i flutti avevano preso molta forza e che, mancatogli il vento, venne trasportato da essi *molto più presso alla riva di quello ch'egli non avrebbe desiderato.*

1162. * D'Urville ci dice essendo in prossimità dell'*Anse de l'Astrolabe* : « Inutilmente feci armare i remi di galera e feci manoverare in modo da profittare *des risées les plus légères* ; *la houle* continuò *de nous jeter de plus en plus à la côte.* »

* Il medesimo in un'altra circostanza ha registrato « che nell'entrare nella baja di *Houa-houa*, la corvetta non era più che di una *encâblure de la passe, quand la barre se souleva tout-à-coup en nappe écumante, et les eaux se précipitérent dans le bassin par tourbillons d' une violence incroyable.* La corvetta fu *renvoyée* rapidamente nell' interno del bacino *en pirouettant plusieurs fois sur elle-même, et poussée droit ver la pointe des Tourbillons.* »

1163. * De Bougainville, figlio, ha scritto : « La grande onda che prendeva la fregata a traverso, e che la debolezza del vento non permetteva *de maîtriser*, ci fece passar rasente l' isola di *Callao-Han*, *qui est acore et fort saine* ; e ben tosto sopraggiunta la calma, *il fallut mettre dehors les embarcations pour remorquer la frégate.* »

* Il medesimo, nei paraggi al Sud della punta *Couroumilla* dopo aver avuto fondo di ghiaja nera e fango argilloso dello stesso colore, in 85 braccia (m. 138), poco dopo in 160 non trovò più fondo, *quoique*, egli dice, *nous n'eussions pour ainsi dire pas écarté la terre*, e che l' acqua *eût conservé la même teinte*, cioè *sale*, *écumeuse et d' une couleur de bistre.* Nella notte e nella susseguente mattina usando, a diverse riprese, una sagola di 170 a 200 braccia neppure ebbe fondo ; *et cependant*, egli osserva, *une grosse houle du large avait dû nous rapprocher*

de la terre. Il giorno innanzi, aveva maneggiato *très faible brise variable*, ed in tutta l' indicata notte ed una parte della mattina restò *en calme* e circondato da folta nebbia.

* In questo passo del citato navigatore tre cose io noto: la prima che egli ammette moto di trasporto nelle onde: la seconda che egli si meraviglia, perché il detto moto non lo ha di fatto trasportato verso la terra: la terza che il ripetuto trasporto in quel caso non si verificò, perché il vento era calmo e perché egli era uscito dopo il primo scandaglio dal banco che fascia in questa parte la costa del Chilì. Se egli avesse continuato a stare sul banco io non dubito punto che avrebbe provato gli effetti del trasporto che egli si attendeva.

1164. * Peacock avverte che i naviganti non devono avvicinarsi, sotto verun pretesto alle seccagne di *Rapel* o *Topocalma* (presso *Valparaiso*), perché il maroso di S.O. *porte droit* sopra questa parte pericolosissima della costa. Ed accenna ad esempi di bastimenti, i quali *la grosse houle de S.O. les entraîna en un instant à leur perte.*

1165. Anche senza vento l'onda di lunga esistenza, che non abbia libero sviluppamento nella parte inferiore, può conservare rilevante moto di trasporto, nel verso di sua propagazione, molto più se a poca distanza soffia ancora il vento regnante che la produsse e conserva.

Jurien de la Graviére uscendo dal porto *Charbrol* con la corvetta *Bayonnaise*, spinta in avanti da *une petite brise d' ouest*, rimurchiata da *quatre canots* e favorita dalla *marée*, giunto *dans la passe, la brise* si calmò *complétement.* In questo stato, la *marée et l'effort de nos canots*, egli ci dice, *nous soutenaient â peine contre la houle.*

1166. I marini di *Saint-Malo* spiegano alcuni effetti delle onde presso il curvilineo molo del porto *en disant que la mer glisse sur la grande courbe . . . comme un courant.* Bellinger, che riferisce questa spiegazione, non l' ammette; perché egli, basandosi sulla teoría di Virla, crede sempre *apparent le mouvement de translation des vagues*; quantunque si avveda *de l' altération de la surface des ondes, produite par l' action incessante du vent.* Tanto è il potere di una teoría inveterata!

1167. * Moulac ci avverte che: « I bastimenti che traversano l'entrata del canale di *Bristol* per recarsi nel mare d'Irlanda *se trouvent généralement drossés vers l'Est*, ed è a notarsi in effetto che, *pour un navire qui se perd sur la côte d'Irlande, il s' en perd dix sur celle de Galles.* Qucsto fatto è attribuito ad una corrente, la quale, prodotta dai *venti d'Ouest et de Sud-Ouest qui règnent généralement pendant dix mois de l'année, et dont l' effet est augmenté par la grosse houle que ces vents occasionnent, porte avec force S. O. et N. E. et pousse les navires sur la côte de Galles*, fra il capo *Saint-David* (Saint-David's-Head) e *Holly-Head.* » Egli è importante adunque di tener conto dell'effetto della corrente, la quale si fa anche sentire con i venti della parte di Est, allorquando si naviga sulla parte Ovest della costa di *Galles.*

* « *La direction de la houle, sur la côte de Galles, dépend davantage de l' Ouest que sur la côte Sud du canal* ». Ed ecco adunque nella *houle* regnante prodotta dai venti di S.O. la causa di quel trasporto straordinario, che io ho nominato fluttocorrente; ecco *l' incognita e fatale corrente* del Piddington (1072); ecco il *guadagno di flusso* del Keller (1075).

1168. * Mouchez ancora ci avverte che in più punti della costa del Brasile, e specialmente presso la punta di *Rio-Doce* ed il capo *Saint-Thomé*, bisogna prendere delle precauzioni *pour combattre l'effet de la houle portant à terre.*

1169. Un convoglio di 70 bastimenti inglesi, partito da Cork il 26 marzo 1807, sotto la scorta della fregata l'*Apollo*, cadde inopinatamente, il 2 aprile, sopra la spiaggia di Portogallo presso *Mondègo*, e vi si perdette pressoché interamente, quantunque esso avesse quasi sempre governato orza raso, colle mure alla dritta e con venti da ovest ed anche da nord-ovest. Questo fatto viene attribuito nei portolani all'azione della corrente. Ma è da osservare che i portolani stessi, e tra gli altri quello di Lopes da Costa Almeida, dicono: la *corrente prolonga a costa da nord ao sud*; e Roussin parlando di questa corrente nota: *Cette diretion des eaux est prouvée par un si grand nombre de faits, qu' il est impossibile de la révoquer en doute.* La detta corrente è più o meno forte secondo che

il vento la contraria o la favorisce, e la sua velocità media è di 0,6 di miglio l'ora.

Ora se poniamo mente al punto donde partì la spedizione, alla durata del viaggio, alla posizione del capo Finisterre relativamente a quella di *Mondègo*, al vento che aveva soffiato e che soffiava, all'esatto conto del cammino che doveva aver quel convoglio (di più condotto da un legno da guerra, che al certo aveva tenuto scrupolosa stima dell'effetto della corrente, dello scarroccio e delle maree), troveremo che non è ragionevole appropriare alla corrente ordinaria che scorre paralellamente alla costa la perdita di sì gran numero di bastimenti; sebbene, non volendosi mai ammettere moto di trasporto nelle onde, non potrebbesi per conseguenza rinvenire altra causa di quella luttuosa catastrofe, la quale all' opposto trova con facilità la sua spiegazione nell' azione del fluttocorrente. Quanti fatti consimili, ed anche più tristi del sovraccennato, sarebbero stati evitati se, in luogo di andare in cerca di cause estranee, si fosse con maggior diligenza studiata ed avvertita la vera!

1170. * Cook, fra i divertimenti degli *Otahitiens* ebbe a registrar quelli di alcuni nuotatori, i quali afferrarono e spinsero innanzi ad essi, *en nageant jusqu' à une assez grande distance en mer, l'arrière d'une vieille pirogue.* Giunti all'indicata distanza dalla riva, due o tre di detti indiani si ponevano sopra la poppa della piroga, *et tournant le bout quarré contre la vague, ils étaient chassés vers la côte avec une rapidité incroyable, et quelque fois même jusq' à la grève; mais ordinairement la vague brisait sur eux* prima che fossero giunti alla metà del camino, *et alors ils plongeaient d'un autre côté.*

1171. * Lo stesso Cook trovò poi, nell' isole *Sandwich*, dei giuochi organizzati di simile natura; e J. King, continuatore della relazione del viaggio dopo la trista morte di quel gran navigatore, a giusto titolo dal de La Perouse qualificato *vrai* Christophe Colomb *de cette contrée* (dell' isole sopra citate), *de la côte d'Alaska, et de presque toutes les îles de la mer du Sud,* li vide eseguire nella baja di *Karakakooa* in tempo di grosso mare; e sembrandogli eseguiti in una maniera *très dangereuse et fort extraordinaire,* ne registrò particolareggiate descrizioni. Io qui mi limiterò a far notare l' effetto dei flutti.

* « *Le ressac* (*the surf*), prodotta dalla corda di bassi, costituente in quel sito una linea di frangenti, che *bat la côte autour de la baie, se prolonge à environ* 150 *verges* (300 metri) *du rivage* . . . . . Gli uomini, che eseguiscono il giuoco, *prennent chacun une longue planche étroite, arrondie aux estrémités* . . . *Quand après des effort multipliés, ils sont parvenus au-delà du ressac, ils trouvent la mer plus tranquille; ils se placent enfin sur leur planche, et se disposent à regagner le rivage. Le ressac étant composé de vagues, dont la troisième, toujours beaucoup plus grosse que les deux premières, s'avance plus loin que les deux autres, qui se brisent dans l'éspace intermédiaire, leur premier objet est de se placer au sommet de celle-ci* (cioè alla sommità del flutto più grosso e non franto ancora), *qui les pousse vers la grève avec une rapidité étonnante.* »

1172. * Di certo, *la crête de la lame* che, come osserva Paris, ha in se stessa il movimento che la fa frangere *pousse avec force*, mentre *dans le creux l'eau est stationnaire comparativement à celle qui bouillonne* sopra la cresta.

1173. * Un funesto fatto ci conferma non solo l'esistenza del moto di trasporto di cui tratto, ma puranche la potenza di esso.

* Il continuatore della relazione del viaggio di de Surville ci racconta che *cet intrépide marin reconnut trop tard son erreur: la force des lames l'entraîna, malgré l'effort des rameurs, sur la barre* (di *Chilca* nel Perù) *où son canot chavira*; ed egli co'suoi, all'infuori di uno, vi perdette la vita!

1174. * Péron, mentre si trovava in un palischermo sorpreso da violento vento e grosso mare, ci dice: *une petite plage se présentait par notre travers: nous en profitâmes pour mettre au plein; le ressac nous y porta rapidement.*

1175. * Duperrey ci racconta, come abbiamo veduto (1140), di avere avuto occasione, nell'Arcipelago delle isole *Sandwich*, *de franchir avec rapidité des éspaces considérables en se faisant transporter à terre dans une embarcation sans autre moteur que la lame.*

1176. * È tale la velocità con la quale i flutti trasportano, che Paris consiglia di governare tra essi un palischermo

con *un aviron de l'arrière ou sur la hanche*, giacché vi sono dei momenti *où le gouvernail ne sert plus*.

1177. * Su la costa d'*Or*, i flutti sono talmente furiosi, osserva Lecoq, che non vi si può nulla sbarcare se non nelle botti: *on les jette à la mer près de la barre, et le flot les pousse à terre*.

1178. * La *barre* o *ressac*, secondo i diversi traduttori francesi della voce inglese *surf*, di Madras ha acquistato celebrità non già perché sia un fenomeno unico e proprio soltanto di quel luogo, ma perché, come osserva Basilio Hall, è il più incomodo che esiste *comme obstacle permanent en face d'une grande cité commerçante*.

1179. * Difatto, in prova che il fenomeno presso Madras si verifica anche altrove, ecco due esempi in aggiunta a quello già citato della costa d' Oro (1177): « nella più gran parte dell' anno, e specialmente da novembre a maggio, ci avverte Bouët-Willaumez, *une forte barre de brisants, commune à presque tout le littoral africain*, non permette di comunicare con Sanluigi *qu'à l'aide des frêles pirogues de Guet-N'dar*. »

* Così, lo stesso navigatore ed idrografo ha notato pure che al *Grand-Bassam* vi è un *grand brisant à franchir et les piroguiers du Sénégal s'en font un jeu*.

1180. * Il citato Hall poi ci ha data una particolareggiata descrizione del fenomeno della *barre* di *Madras*, dalla quale si desume la conferma della esistenza del moto di trasporto presso i littorali, e degli effetti da questo prodotti quando la decrescente profondità dell'acque, come esiste nelle *côtes en pente de Coromandel* ed in ogni altra spiaggia, non dà più sufficiente *espace pour développer ces vagues furieuses*, le quali *finalement jaillissent en collines menaçantes audessus du niveau général de la mer*. E ciò con tanta maggior potenza *lorsque souffle*, in quel luogo, *le mousson du nordest*.

1181.* *Quand le temps est mauvais*, ci dice anche Horsburgh, *et qu'une grosse houle porte à terre* (si noti, qui il flutto non è ancora franto, eppure porta a terra), *la barre est souvent très grosse et les bateaux du pays courent mêmes des dangers pour la franchir*.

1182. * Lopes da Costa Almeida descrive in succinto lo

stesso fenomeno; nota che *a resaca rebenta muito alta sobre a praia*, e che lo sbarco in essa spiaggia *he ás vezes perigoso mesmo para estas embarcaçòes do Paiz guando o Mar está cavado.*

1183. * « *Ces montagnes écumantes*, nota inoltre Hall, *sont causeés par une succession de vagues, qui roulent l'une sur l'autre et viennent se briser contre des bancs* (che questo autore suppone) *formés probablement par l'action du reflux de la mer qui entraîne les sables en se retirant*, » e che io credo formati più specialmente dall'urto delle due forze, cioè quella del flutto diretto e quella della risacca che scende dalla spiaggia sabbiosa, come accade anche nei mari privi di sensibili maree: cotesti banchi altro non essendo che corde di bassi littorali.

1184. * De Wüllerstorf-Urbair ha registrato « che questa spiaggia è così ingombrata della fina sabbia, *che vi portano le onde*, che alla distanza di due miglia il fondo non ha che 18 metri di acqua, e che quanto più si avvicina la riva tanto più si fa violento l'impeto de' flutti. »

1185. * « *C'est une de plus rudes épreuves pour le courage des marins*, nota infine il capitano Hall, *que cette soudaine et mystérieuse impulsion* (si notino bene queste voci, *improvviso e misterioso impulso* o meglio *spinta*, usate da un esperto marino ed esatto scrittore delle cose dell'arte) *lorsqu'elle entraîne un vaisseau qui, arrivé trop près de la côte, ne peut, à cause de la faiblesse du vent, regagner la haute mer.* » Ed anche con vento forte, aggiungo io, non può sempre riguadagnare l'alto mare.

1186.* Dagli esempî che lo Hall registra, intorno allo sbarco ed allo imbarco degli uomini e delle cose trasportate dalla rada alla città di *Madras*, e viceversa, si può giudicare come il *masullah* (battello), che serve di veicolo, *est poussé impétueusement par les vagues*; come *à partir d'un certain moment, les bateliers n' ont plus aucun pouvoir pour ralentir son mouvement*, e come in fine trova sfogo *le courant qui longe le rivage*, ossia la massa d'acqua spinta alla spiaggia. In una parola, i fatti che accadono in quel lido, i quali per l'importanza della città ivi fabbricata furono raccolti e pubblicati, sono della stessa specie di quelli di ogni altro lido: la sola differenza sta

nella maggiore e minore intensità. *La nature*, dirò con Lamblardie padre, *toujours constante dans ses moyens, l'a toujours été dans ses effets.*

* Visitiamo ora i littorali del Mediterraneo e vi troveremo sviluppato lo stesso fenomeno, e confermata la giustezza della sentenza del Lamblardie.

ARTICOLO DECIMO

TRASPORTI MANIFESTI CAUSATI DAL MOTO ONDOSO PRESSO I LITTORALI DEL MEDITERRANEO

1187. Quando il mare è grosso di fuori e più specialmente quando esso ed il vento sono da libeccio, perché traversía ossia perpendicolari al littorale nel Tirreno, i marini nostri dicono che presso il lido *la corrente tira in terra*; giacché in realtà, e loro malgrado, il bastimento è trasportato alla spiaggia con moto speciale e sensibile: l'espressione è erronea, come lo fu quella usata dai marinari del navigatore Freycinet (1157), ma il fatto è lo stesso. Questo fatto, che pur io ho più volte verificato anche a più miglia lontano dal lido, non è già dovuto alla corrente ordinaria perché è molto debole e perché defluisce in direzione parallela alla costa, ma sibbene al moto di trasporto della massa di acqua che compone il flutto. L'azione del fenomeno di sopra descritto imprime la nuova velocità verso la terra, ove il flutto è diretto, ed il bastimento si trova tanto più sollecitamente trasportato, quanto più è vicino alla spiaggia.

1188. Nel 1835, reduce io da *Rio-Janeiro*, giunsi all'atterraggio di Civitavecchia con forte vento da libeccio e grosso mare: comandavo allora *La città di Roma* di 313 tonnellate. Con quel tempo non credetti prudente prender porto, quantunque vi fossi diretto. Dopo due giorni di cappa fra le venti e le trenta miglia in mare, risolvetti entrare nel porto: mi avvicinai dunque ad esso; ma quando vi fui prossimo, il volume e la forza de' marosi contro i moli, mi fecero credere imprudentissima l'entrata. Voleva quindi riguadagnar l'alto mare; lo tentai, ma presto mi avvidi che io era sensibilmente trasportato a terra, bisognò allora risolversi ad entrare. Mentr'ero quasi alla bocca,

mi abbandonò il vento di libeccio, ed uscì piccola e non continuata brezza da terra: nulladimeno, profittando io del trasporto de'marosi, entrai felicemente nel porto tra il suono delle campane, ed un affollato popolo accorso sui moli, com'è costume in circostanze d'imminente pericolo per un bastimento. Ora perché io non potei più allontanarmi da terra quando mi pentii di essermi avvicinato di troppo? Quale ne fu l'ostacolo? Eppure le circostanze apparenti erano, si può dire, uguali a quelle che mi si eran già manifestate in alto mare: di più presso il lido aveva spiegato una superficie di vele maggiore di quella che io teneva quando ero a venti miglia lontano da terra, attendendo alla cappa un tempo moderato. L'ostacolo fu al certo il moto progressivo in massa de'marosi, fu quell'*ignota ma fatale* corrente del Piddington (1072), fu quell'*improvviso e misterioso impulso* dello Hall (1185), fu il mio fluttocorrente; e questo moto fu quello che mi trasportò nel porto quando, calmato il vento, l'azione delle vele era più contraria che favorevole.

1189. Nel 1848 in circostanza simile, il *Pericle*, piròscafo di 400 tonnellate appartenente alla marina di finanza francese, veniva da levante con vento e mare di libeccio. In poca distanza dalla terra, da sopra la punta del Pecoraro, fece rotta direttamente per la bocca di levante del porto, ricevendo così i marosi per lo traverso. Quantunque essi non frangessero, sensibile era la deriva verso terra; quindi il piloto del porto con ansietà ripeteva il segnale di allargarsi; ma il piròscafo dirigendo la prora per entrare per la via più corta nel porto, sempre più si atterrava, e sempre maggiore era l'effetto della deriva: e giunto che fu alla metà del molo circolare del Bicchiere si trovò dai marosi trasportato sulla scogliera di detto molo, ove in poch'istanti venne diviso in due parti, e poscia interamente distrutto. Dal popolo accorso, e dai mezzi meccanici subito adoperati, tutti gl'individui vennero salvati

1190. * Anche don Ugo di Moncada, mentre nel 1522 era alla testa di dieciotto galere spagnuole con l'intendimento di prendere Varagine, fu costretto, tirarsi al largo *per cagione del mare grosso che lo spingeva alla spiaggia*, siccome ci racconta il Guerrazzi.

1191. Il fenomeno sopradescritto, che di fatto proprio a me

consta verificarsi nei nostri littorali del Tirreno e dell'Adriatico, specialmente ove il fondo è più sottile, deve avere effetto anche altrove, in pari circostanze. I tristi naufragi accaduti nel golfo di Catania, ove, come dice V. de Ritis, i bastimenti « dalla traversía colti e sospinti han fatto concepire l' idea nelle menti volgari, che quei miseri legni attratti da irresistibili forze verso la *praja*, *siccome da calamita il ferro*, vanno a rompersi in quella ». A me sembra che, senza escludere le altre cause di perdita accennate dal de Ritis, i detti naufragi si debbano principalmente al fluttocorrente. — E qui giova ricordare le tre erronee espressioni, usate dal volgo dei marini per ispiegare l'azione di questo fluttocorrente della superficie; di attrazione data ora ai frangenti (1157), ora alla terra (1187), ed ora paragonando questo moto agli effetti della calamita.

1192. Emy, per provare l'esistenza e gli effetti dei suoi flutti del fondo, cita molti fatti; io ne riporterò uno, il quale abbraccia il trasporto di massa inferiore e superiore.

La flotta francese nella conquista di Algeri in caso di tempesta, non potendo spedire i palischermi a terra per vittovagliare l'esercito, gittò in mare alquante ballette di viveri perché pervenissero alla spiaggia. — Adottando così lo stesso espediente praticato nella costa d'*Or* (1177). —

Sia che le dette ballette galleggiassero, sia che fossero al fondo, giunsero alla riva: effetti dovuti, secondo Emy, per le une alla forza del vento ed alla percussione dei flutti (al che io aggiungerò al trasporto di massa alla superficie), e per le altre alle sola azione de' flutti del fondo (alla quale io unisco quella incidente ed intermittente del flutto).

1193.* Lieussou nella seconda edizione, parlando della costa dell'Algeria ammette che « i venti freschi del largo generano *le courant dans le sens de la propagation des ondes*; e parlando della baja di *Stora* avvisa che *la houle longue et forte, dont la dérive puissante drosse les navires à la côte*, giunta poi nei fondi *de 10 à 12 mètres elle y déferle, et enveloppe ainsi le rivage de Philippeville à Stora d'un vaste brisant qui s'étend à 400 mètres au large* ». Quindi il Lieussou ammette oggi in genere ed in ispecie l'esistenza del fenomeno di cui tratto, e ci dice pure a qual profondità, nella baja di Stora, il flutto si cambia in frangenti.

1194. * Vicendon-Dumoulin e Kerhallet parlando della costa nord di Marocco osservano:

* « Se i bastimenti cadono nella controcorrente del littorale, *ils sont emportés à l'O. parallèlement à la côte, tout en s'en rapprochant par l'effet de la houle dont on ne tient pas toujours assez de compte quand on navigue près des terres.* » E qui non vi ha dubbio che essi parlano di onde non frante, e però intendono avvertire i naviganti di dover presso la riva, tener conto del moto di trasporto dovuto anche alla semplice *houle*.

Osservazioni e nuove prove delle cose dette nei due antecedenti articoli, comuni all'Oceano ed al Mediterraneo.

1195. * In questi miei studî io mi proposi di raccogliere sempre fatti e di tenermi il meno possibile alle opinioni intorno all'esistenza di quel fenomeno d' incognito e straordinario trasporto che io ho chiamato fluttocorrente: e chiamo fatti quelli che son narrati in genere da persone, le quali non poteano ancor dare a sè stesse una ragione del fenomeno, che pur non ostante delineavano con tratti ben da ogni altro fenomeno distinti; ed opinioni io appello certe definizioni di fenomeni, che per qualche causa intrinseca od estrinseca non ispiravano fiducia a chi ponevasi a meditarli volendo cercare di farne uso e raccoglierli.

1196. * In seguito di questa distinzione è chiaro che se, ad esempio, un poeta affidato alla propria immaginazione soltanto mi avesse parlato di trasporto delle onde, non avrei saputo annoverarlo tra coloro, che isolatamente, ma per esperienza, vedevano il vero, sebbene non sapessero ascriverlo a certa causa o ragione. Imperocché avviene talvolta che ne' poeti leggiamo cose che sembrano avanzare le cognizioni della loro epoca, come si verifica nel noto passo di Seneca circa la possibilità di un nuovo mondo e nelle rime di Dante quando parla delle quattro stelle; costellazione oggi chiamata la Croce australe.

1197. * Ma vi sono pure circostanze che dichiarano assolutamente nelle idee di un poeta le cognizioni dell'epoca e le speciali conoscenze individuali in dato subietto. Così Virgilio mi apparve dotto ed esperimentato anche nelle faccende di mare,

come colui che il Tirreno, lo Jonio e l'Egeo ebbe navigato, di che fa fede il suo amico Orazio all' ode terza del libro primo, e certo con occhio osservatore e con orecchio docile fors'anche all'istruzione dei marinai, co' quali ebbe contatto, perché il suo fine era di giovarsene nel suo gran poema. Per queste ragioni feci tesoro dei suoi versi, quando parlai di tempesta e di flutti che rovistavano il fondo; e in essi portai convinzione che si racchiudessero le idee de'marinai del suo tempo (1021).

1198. * Restai però meravigliato nel leggere in altro nostro poeta, non meno celebre, ma di sbrigliata fantasìa, la descrizione del fenomeno del trasporto delle onde. Con tutto ciò l'Ariosto non potea sedurmi tanto facilmente, se non fosse stato ch'egli non solo mi parla di trasporto dell'onda, ma bensì del rimedio da porsi a questo trasporto per correggerlo per quanto si può coi sussidi dell'arte nelle tristi conseguenze che ne derivano. Allora non più il poeta, ma in lui vidi espresse le teorie e le pratiche dei nostri navigatori all'epoca di Colombo. Quindi tributando ammirazione al cantor dell' Orlando, mi giova notare i suoi aurei versi, e lascio al lettore senza commenti il fenomeno, il giudizio il rimedio, non che le frasi marinaresche tutte d' impronta originale ed italiana. Così dunque egli dice:

Maestro o traversía più non molesta,
E sol del mar tiran Libecchio resta.
Questo resta nel mar tanto possente,
E dalla negra bocca in modo esala,
Ed è con lui sì il RAPIDO TORRENTE
DELL' AGITATO MAR ch' in fretta cala,
CHE PORTA IL LEGNO PIU' VELOCEMENTE
Che pellegrin falcon mai facesse ala,
Con timor del nocchier, ch'al fin del mondo
NON LO TRASPORTI, o rompa, o cacci al fondo.
RIMEDIO a questo il buon nocchier ritruova,
Che comanda GITTAR PER POPPA SPERE,
E caluma la gomona, e fa pruova
Di duo terzi del corso ritenere.
Questo consiglio, e più l'augurio giuova
Di chi avea acceso in proda le lumiere;
Questo il legno salvò che perìa forse
E fe' ch'in alto mar sicuro corse.

1199. A togliere ogni dubbio che non la corrente ordinaria sia la causa degl' indicati trasporti dei bastimenti verso terra, ma che invece sia il fluttocorrente, sarà bastevole il rammentare che ad una distanza dal lido, ove le onde si possono sviluppare liberamente, un sì fatto valutabile moto non esiste (tolti sempre i casi di venti gagliardi): oltre di che è d' uopo por mente allo stato del livello del mare in queste circostanze. Difatto è noto, che quando il tempo *sente di fuori*, le acque presso il littorale si empiono e sino ad un certo limite si tengono ad eguale livello lungo il tratto di littorale sottoposto a questo fenomeno; e quando *il vento scende*, ossia invade il littorale, ed il mare s' ingrossa e si frange, queste acque giungono a superare il livello ordinario, in qualunque stato della marea ed in casi non straordinari di circa $0^m,50$ nel Tirreno, di $1^m,00$ nell' Adriatico e di 2 e più nell'Oceano (226, 406 a 410).

1200. E siccome io ammetto nell'acqua un moto continuato di trasporto, il quale può aver più giorni di durata, così è d'uopo render ragione dell' esito di questa gran massa liquida. Innanzi tratto sembrerebbe che questa accumulazione di acqua nel littorale dovrebbe piuttosto produrre una controcorrente che da terra all'alto mare si dirigesse, onde togliere la differenza di livello; ma invece tal differenza giunta a superare quel limite, il quale è variante secondo la configurazione del lido e lo stato dell'atmosfera, defluisce dal lato ove trova minor resistenza come corrente parallela alla costa, più o meno veloce, ma sempre radente, secondo la direzione e potenza de'flutti, perché alla forza viva di essi è dovuta (233). Questa spiegazione che io do al fenomeno è il risultamento di molte serie di esperimenti da me praticati in più punti de' differenti littorali e specialmente presso quelli di Livorno e di Civitavecchia, non che di esperienze dedotte da fatti registrati da altri (1186); e siccome dovrò in seguito parlar delle correnti littorali, così mi riservo allora di raccontare alcuni esempi degli effetti prodotti dal fenomeno di cui tratto in circostanze a queste identiche. Ivi si vedrà che questa massa di acqua in moto è quella stessa che trasporta le arene, le ghiaje ed altri materiali lunghesso i lidi, e che opera i maggiori interrimenti.

1201. * Per un dato luogo, cioè per il golfo di Pelusio,

si trova oggi notato dalla Commissione internazionale un egual fenomeno nei seguenti termini: *Quand la mer est grosse, et qu' elle est soulevée par les vents forts et persistants de la partie nord, le courant* (ed io direi il fluttocorrente), *porte toujours en côte à l' entrée du golfe. Il y accumule des masses d'eau, qui s'écoulent le long de la plage dans la direction du vent régnant. Ce courant littoral accidentel* (sic, e perciò non la corrente generale del Mediterraneo, 102), *qui charrie les sables que la vague a détachés du fond, porte donc tantôt à l'ouest et tantôt à l'est, selon le vent, et par conséquent, le plus souvent à l'est* (perché il vento dominante e regnante è ivi dalla parte dell'Ovest, ed il sottovento è sempre la parte di minor resistenza).

1202. Così essendo, io non ammetto, che del riferito trasporto dei bastimenti accagionare si debba per intero l'azione di percussione de'flutti contro la carena e l'opera morta di essi; e la ragione la credo solida. Ed invero quell' azione si deve trovare controbilanciata da un aumento di superficie di vele, del quale in questi critici casi si fa uso, in confronto della quantità di essa spiegata in alto mare. La forza di vele che si adopera per salvare il bastimento, non manca al certo d'imprimere a questo rilevante velocità e quindi diminuirgli lo scarroccio. J. Lalande ci racconta: *M.* Bourdé *m'assurait avoir éprouvé qu'un bon vaisseau filant un demi-noeud d'une belle mer d'un très-petit frais, les voiles à* 30° *de la quille, avait* 30° *de dérive, et que filant* 8 *noeuds, il n'avait plus que* 5° *de dérive; cela doit être, puisque la résistance latérale augmente beaucoup plus que la vîtesse* ». Ebbene, nonostante questo aumento di resistenza laterale, ossia questa diminuzione di scarroccio, il bastimento è sensibilmente trasportato a terra.

1203. Non potendo nascer dubbio sulla verità degli esposti fatti, non voglio passar sotto silenzio che altri crede dare di essi plausibile spiegazione differente dalla mia.

Lo straordinario moto di trasporto al quale vanno soggetti i bastimenti da una certa distanza dal lido sino ove danno in secco, è spiegato coll' impulso del vento e coll' urto delle onde contro di essi. Ma quell' impulso è generalmente minore presso una costa che in alto mare, perché le coste *difendono*; e quell' urto, per la reazione del fondo deve perdere

de son activité ou de sa force come osserva Bremontier ; di modo che, si può stabilire con de la Coudraye, nelle *côtes plates, l'onde s'éteint pour ainsi dire peu-à-peu comme la profondeur* (843-845): quindi il ripetuto urto (molto meno notevole di quello dato dall'onda sul fondo del mare, ove il suo movimento trova molto maggior resistenza e molto più disteso ostacolo) non credo che meriti speciale peso, e molto meno se si riflette che quella reazione stessa diminuisce la velocità di propagazione delle onde e le rende talvolta più corte in guisa che un bastimento può spesso filare sopra due onde senza soffrire notabile beccheggiamento. Ma detto urto, sia pure per quanto si voglia più attivo presso il lido che in mare profondo, non può bastare ad obbligare la perdita di bastimenti ben costrutti, ben forniti e ben diretti. Se non esistesse il fluttocorrente, e se il vento alcune volte non diminuisse di soverchio la sua forza, questi bastimenti, nei soli casi di straordinarissimo furore nel vento e nel mare, sarebbero costretti a naufragare. Essi guidati dalla intelligenza dell'uomo, e forniti di tutto quello che la meccanica ha potuto porre a disposizione dell'esperto marino, si possono considerare come corpi animati. « Un bastimento alla vela, dice J. Ross, è un essere dotato di vita, il quale si uniforma ai desideri del suo padrone, e non un corpo inerte ». Il padrone, che lo dirige, posto dunque alle strette colla morte, e forse anche coll' onore, tenta al certo ogni mezzo per vincere l'avversario e specialmente quello in uso di far *forza di vele*(1202).

1204. Quindi il fatto, che dentro una certa zona gli sforzi della volontà e dell'arte riescono infruttuosi, mentre altrove in pari circostanze riescono trionfanti anche con impiego di mezzi molto inferiori, mi conduce ad ammettere l'esistenza di un'altra arme, che l' onda adopera presso i lidi ; e tale arme è il fenomeno da me chiamato fluttocorrente della superficie (1141), e quest' arme sarà tanto più potente, quanto più il fondo diminuisce. Che se questo fenomeno non parla manifestamente ai sensi come quello dell' ondamarea, si è perché questa agisce anche quando il mare e l' aria sono in perfetta calma, mentre l' altro non può svilupparsi che quando il mare è in agitazione, e, generalmente, anche l'aria. Nell'uno, l'azione unica che si presenta è quella del moto di massa in

direzione orizzontale; nell'altro, l'apparente, reale e dominante forza è l' impulso del vento e l'urto delle onde; perché in questo il moto di massa è sommesso, e si confonde coi detti motori. Ma se esso non parla distintamente ai sensi, non può non essere percepito dalla ragione. Quel dir de' pratici: *i frangenti attirano il bastimento* (1157): *la corrente tira a terra* (1187): *la calamita attrae in terra i bastimenti* (1191), è il fenomeno di cui tratto che si manifesta a persone che spesso lo avvicinano, ma che non usano un esatto linguaggio per ispiegarlo. Esso, in somma, è l'effetto dello scarroccio e della deriva, i quali, con mare agitato presso i lidi si danno la mano per trascinare a perdita i bastimenti. Cosicché tutto ciò mi prova che l'onda, anche senza vento, presso il lido non ha più moto apparente e di percussione soltanto, ma sì ancora di traslazione progressiva in massa; e questo moto di traslazione comincerà tanto più lontano dalla riva quanto più il fondo del mare è minore e quanto più le onde sono grandi. Io penso che, in quasi tutti i paraggi esposti, questo trasporto sarà dalle grandi onde sviluppato là dove incontrano il ciglio della ghirlanda dei terreni avventizi; ovvero là ove una notevole istantanea diminuzione del fondo pone ostacolo al libero sviluppamento dell' onda sotto la superficie del mare (633, 634, 889, 890, 1134 e seg.).

1205. Non ostante che io sia intimamente convinto dell'esistenza del fluttocorrente, pure converrò che una più lunga serie di esempi di naufragi verificatisi contro le spiagge con bastimenti ben comandati e bene attrezzati, sarebbe utile documento per ottenere che universale si rendesse il mio convincimento. Io dal mio canto, non mancherò di arricchire questo articolo di quanti altri fatti ho potuto raccogliere in argomento, e specialmente di quelli che materialmente parlano ai sensi.

1206. Provata quanto a me col fenomeno che verificasi nelle ondemaree, col modo di vedere di alcuni marini, e col trasporto de' bastimenti, l'esistenza del moto di massa alla superficie del mare nel caso suespresso, passo ai fatti comprovanti l'esistenza del moto di trasporto nella parte intermedia ed inferiore dell'onda. Le reti, ed altri ordigni da pesca, tese tra la superficie e il fondo del mare vengono dai flutti rotolate e

trasportate anche a più miglia verso terra dal punto ove sono state gittate. I pesci ancora debbono subirne l' influenza.

1207. Bremontier racconta che « le reti di cui si servono i pescatori di *Gujan*, della *Teste*, e di tutte le Comuni situate lungo le rive del bacino di *Arcachon*, hanno ciascuna da circa 80 metri di lunghezza e 2 di altezza. Ogni rete è caricata nella parte inferiore da una pietra del peso di chil. 2,50 e di chilog. 5 di piombo. Un apparecchio da pesca è composto di 25 a 50 di queste reti aggiuntate l'una all'altra: nel mezzo e ad ogni estremità sono attaccate tre altre pietre del peso assieme di 75 chil. Quest'apparecchio è gettato in mare a due o tre leghe, più o meno, distante da terra, nella profondità di 16 a 19 metri, e disposto in modo che la parte superiore della rete resti da 12 a 15 metri sott'acqua. Ebbene i sopraddetti apparecchi, se per il grosso mare non si possono levare, dopo la tempesta si trovano ballottati, spostati, rotolati al fondo del mare, e qualche volta ripiegati, lacerati e trasportati a più leghe dal luogo ove erano stati immersi.» Ciò accade, secondo Virla, per l'*effetto di un altro movimento* (nelle molecole che compongono l'onda) *qui ne peut plus être vertical*, ed alla cui azione egli asserisce doversi *gli effetti prodotti sopra i materiali della diga di Cherbourg* (683-686), *ed una quantità di circostanze citate da Emy . . malgré les vitesses de va-et-vient qui se succèdent dans le syphonnement*; e perciò Virla esclude l'esistenza de' flutti del fondo, mentre Emy appropria ad essi tutti cotesti effetti.

1208. * Al fatto raccontato da Bremontier ne aggiungerò oggi altri due di eguale specie.

* Il Givry ci fa sapere che i pescatori di *Boulogne* hanno l'uso *de mouiller leurs filets au pied et à l' accore orientale de la Bassurelle, du Colbart et du Varne*, nella precisa direzione degli oggetti notevoli situati a terra, e *lorsque le mauvais temps les empêche d'aller les relever, et que ces filets sont mis en dérive par l'agitation de la mer, qui se propage jusque sur le fond*, i pescatori vanno in cerca di esse reti e le rinvengono quasi sempre *dans le voisinage du rivage*, fra il capo *Gris-Nez et Calais, où la marée et les remous occasionnés par la grande saillie du cap sur la côte les ont entraînés.* » Ed io

dico in vece, *ove il fluttocorrente del fondo le ha trasportate*; giacché questo fatto ha luogo soltanto nei cattivi tempi, quando cioè esiste l' agitazione del mare, la quale, al dir dello stesso Givry, si propaga *fino sopra il fondo.*

1209. * Ed il Parlatore ha registrato che: « Nelle isole Loffodi si usano delle reti molto larghe e con le maglie tanto grandi da entrarvi solo la testa del baccalà: i pescatori le tendono verticalmente nel punto e alla profondità che desiderano per mezzo di lunghe funi, le quali dalla rete vanno inferiormente in fondo del mare per mezzo di alcune pietre legate alla loro estremità, e superiormente restano sospese mediante pezzi di sughero galleggianti a fior d' acqua. La rete tesa in tal modo forma quasi un muro, che il pesce eviterebbe certamente, se i pescatori non facessero quella pesca di notte, la quale è lunghissima in quella stagione e a quella latitudine. » Or bene questa rete talvolta non solo per la quantità e per il peso dei pesci si rompe nel tirarla, *ma anche quando è tesa al posto, massime allorché le acque del mare sono molto agitate*, siccome fa notare il Parlatore stesso.

1210.* «La baja d'*Audierne est trop fameuse*, leggo in Goury, *par ses naufrages*: aperta ai venti più pericolosi per la costa orientale del *Finistère*, non è che *un golfe aplati, vers lequel les houles du large s'accumulent.* » E dopo aver egli mostrata la gran deriva a cui ivi vanno soggetti i bastimenti aggiunge: « *La forte dérive ci-dessus relatée contribue peut-être à réunir dans cette baie le gros poisson dont on fait une pêche considérable, et qu'on sèche pour l'envoyer à l'étranger.* »

1211. Citerò un altro fatto, che mi pare possa ritenersi più concludente ancora, in prova dell'esistenza del detto moto di massa dalla superficie al fondo (1206); ma mi si permetta far precedere ad esso un breve schiarimento non inutile al soggetto ed a me doveroso e conveniente.

1212. Il prof. Giuseppe Ponzi dopo essere stato eletto dall'accademia de' nuovi Lincei tra i giudici, e competentissimi, di questo mio lavoro, *e dopo aver letto il mio manoscritto*, come egli stesso ha la gentilezza di avvertire, *trovandosi per avventura a percorrere le nostre coste marittime, tornava a fare nuova attenzione a quegli immensi depositi di sabbie*

incoerenti, condotte e abbandonate dal moderno mare Tirreno, per meglio convincersi, dal loro modo di esistere , qual fu la direzione del movimento sperimentato: e quindi pubblicava il risultamento de'suoi studî. Io mi sono sentito soddisfatto nel vedere con ciò esaudita la mia preghiera, esternata in questo scritto, qual era quella diretta ad ispirare ad uomini competenti la ricerca delle cause che mettono in movimento i materiali ostruttivi. Ho inoltre provato non minor contento nel leggere in quella pubblicazione argomenti e prove che confermano in modo esplicito il mio avviso sul moto ondoso e su quello delle correnti. Tributando in questo incontro al menzionato professore i dovuti ringraziamenti, vengo al fatto qui sopra accennato.

1213. « Che lontana sia nelle forti burrasche, dice il Ponzi, l'origine di questa corrente (cioè quella prodottasi dalla superficie al fondo per la non libera ondulazione de'marosi) mi sembra dimostrato da tanti fatti , tra i quali uno a me avvenuto molti anni or sono sul littorale di Fiumicino, mentre attendeva a studiare la formazione della barra del Tevere. Dopo certe burrasche prodotte dal violento soffiare dei venti di mare lungo l'estensione di quelle spiaggie, io rinveniva disposte a seconda della arcuata ed embricata figura che prendono le materie lasciate dai flutti , una prodigiosa quantità di conchiglie pelagiche , *Janthina bicolor* Lamk., assolutamente sconosciuta nelle nostre coste e che vivono in alto mare , tutte frantumate e malconcie. Eppure la corrente tiberina col suo contrario movimento avrebbe dovuto opporsi e arrestare , o disperdere la corrente perpendicolare alla spiaggia. Al contrario, quelle conchiglie non solo dimostravano una lontana provenienza, ma una forza di trasporto ben notevole da vincere e superare l'ostacolo delle acque dolci. »

1214. Questi fatti, e più tutti quelli, che narrerò in seguito , non lasciando dubbio alcuno sulla verità de' trasporti che giornalmente accadono , passo a dire come gli stessi fatti da altri si spieghino riguardo ai materiali giacenti nel fondo del mare, e come invece credo io che spiegare si debbano.

1215. Che il moto di vaeviene, voluto da Virla e dai seguaci suoi, possa imprimere moto di trasporto in avanti, potente e alcune volte anche sollecito, come infatti si verifica su i

materiali posti in movimento, a me non soddisfa, quindi ho d'uopo di cercare altrove la vera causa di questo moto. Le Bourguignon-Duperré adotta la spiegazione del moto di trasporto de' materiali data da Bernard. Questi, che della dottrina di Emy ammette il moto orbicolare ma non i flutti del fondo, crede che senza l' esistenza di una corrente non vi possa essere trasporto, e ch'essa non è creata dalle onde. Secondo lui le onde sollevano per *un instant les grains de sable d'une certaine grosseur*, i quali ricadono *pour être soulevés de nouveau*. Nel tempo che sono sospesi, essi vengono trasportati con una velocità eguale *à celle du courant*, ma si arrestano *dès qu' ils sont retombés*. In una parola essi camminano *par mouvement successif et interrompu* nei soli paraggi, ove è corrente stabilita. Questa spiegazione, come ognun vede, è quella stessa data dal Montanari e dalla lunga lista de' valentissimi suoi imitatori; ma neppur essa mi persuade, e anzi credo che si debba escludere come causa precipua, e nel seguente capitolo ne dimostrerò, nel modo più convincente, le ragioni. Bremontier si dichiara convinto, come abbiamo veduto (8), che l'azione delle onde si comunica a considerevole profondità, ma i frammenti sono *à l'aide des courants roulés à de grandes profondeurs*, *transportés à de grandes distances, et rejetés sur les plages*; e questa corrente non sarebbe prodotta dall'onda; quindi né anche questa è per me buona spiegazione.

1216. Boscovich ammette che dai flutti stessi si crei una corrente sul fondo, e secondo la forza e direzione di essa si formino o si distruggano i banchi (123 e 124). De la Bretonnière con esperienze da lui fatte mi somministrerebbe aggiunta di prove alla verità del Boscovich: egli ha riconosciuto *des sous-courans* capaci di dare alle acque sufficiente moto sul fondo *pour en déranger le niveau et y faire rouler le pierres*, ma de Cessart, da cui tolgo questa notizia, non mi dice se queste correnti sottomarine sono prodotte dalle onde, ovvero è un fenomeno speciale alla rada di *Cherbourg*. Scott Russell col dire che i *corpi mossi nel fondo non sono rotolati in avanti ed in dietro, ma essi hanno moto continuo in avanti durante tutto il passaggio della lunghezza dell'onda* (45), si avvicina con più chiarezza alle viste del Boscovich ed al mio modo d' intendere

questo trasporto. Trovo che Aimé ci dà la stessa spiegazione già dataci dal Boscovich: quegli ha *reconnu que quand la mer n'a que vingt mètres de profondeur, si sa surface est très-agitée, il éxiste un mouvement violent dans toute l'épaisseur de la couche liquide, et que, dans ce cas, le sable qui forme le sol éxécute des mouvements de tourbillonnement considérables, en se déplaçant dans la direction du courant de masse.*

* Altri ancora, più o meno, si sono incamminati per quella che io chiamo retta via, come si può desumere dagli estratti delle diverse scuole racchiusi nel primo capitolo. Per il de Caligny, oltre quanto ivi si è letto, si veda anche l'Appendice.

1217. Il Boscovich, a parer mio, s' incamminò adunque, e per il primo, nella buona via. Ma siccome fa mestieri avere una potenza non solo capace di trasportare arene e ghiaje, ma ben anche di solcare e scompaginare il fondo, trasportare ciottoli ed altri materiali ben più pesanti, e ciò quando anche la corrente regnante o littorale abbia direzione in verso opposto al moto di propagazione delle onde; così non credo che la sola corrente sviluppata dai flutti, ed ammessa dal Boscovich, sia atta a produrre tutti cotesti effetti. E forse perciò Emy, avendo veduto la necessità di trovare un agente più efficace, ha immaginato i flutti del fondo: *phénomène sous-marin qui* (secondo lui) *a causé la ruine d'un grand nombre de travaux maritimes, qui a donné à la mer le moyen de ravager ses bords et de détruire des cités, qui d' un autre côté a augmenté des parties de continent, a comblé des ports, les a environnés de sable et de vase, et a laissé au milieu des terres des villes, dont le murs étaient jadis battus par les flots.* Questo fenomeno, come ho accennato (11), si creerebbe quando la parte inferiore dell'acqua agitata dall'ondulazione incontra un fondo di mare che *se relève par ressauts.* Tale spiegazione però ha trovato non pochi e non deboli contraddittori: e tra gli altri Duleau si fa a domandare « come un piano verticale *qui arrête la vague augmenterait-il son action* non già in avanti di esso *par la réaction*, ma indietro *et très-loin jusq' au rivage* ? ». Nulladimeno, il ripetuto fenomeno e la spiegazione data ad esso da Emy, han trovato puranche de' sostenitori di gran vaglia (37), ed uno recentissimo, il de Quatrefages, si mostra convinto che si debba

attribuire *une influence très réelle aux escarpements sous marins sur la formation des flots de fond.*

1218. * Ecco come spiega questo fenomeno P. E. Morin. « *Si une lame vient à rencontrer un rocher submergé ou un relèvement subit du fond de la mer, comme la section en mouvement avant et après ce rocher est différente, et qu' il faut toujours que le mouvement de l'eau soit tel qu' il passe par ces sections la même quantité d' eau dans le même temps ; il en résultera que le mouvement des vagues au-dessus du rocher ou de l'élévation du fond, sera plus considérable qu'au devant de lui. Le choc très-fort qui en proviendra se fera plus sentir immédiatement près du fond qu'à la surface de l'eau, parce que c'est là que l'eau inférieure de la grande section tend à passer en plus grande quantité. C'est ce qui produit ce que le colonel Emy appelle* lames de fond. »

1219. Ma questi flutti del fondo, che *ne sont animés que d'un mouvement horizontal*, come dice lo stesso Emy, sono in sostanza una corrente anch'essi. Quindi, quantunque potessero avere quella velocità voluta da lui, che sarebbe uguale a quella di propagazione dell'onda, io sono dell'avviso di Virla, che un tale corso non basterebbe a render ragione di tutti gli accennati effetti ; ma ho già rammentato come il Monnier non ammette che in parte la pretesa velocità ed ho toccato le cause che la devono sensibilmente diminuire (1138): ora aggiungerò, che siffatta corrente, prima che l'onda sia franta, non potrà mai avere più della metà della velocità di propagazione dell'onda, ivi già molto diminuita, siccome abbiamo veduto (1137, 1144 e 1145).

1220. Dopo tutto ciò, sarà facile sentire il bisogno di trovare un altro agente, che, unito a detta corrente, possa produrre gl' indicati effetti e tutti quelli più imponenti ancora, di cui siamo testimoni e di cui io ho registrati dei saggi negli articoli settimo, ottavo e seguenti del capitolo terzo. E quest' agente è per me l' onda stessa, la quale presso il lido percotendo a brevi intervalli il fondo, lo incide, lo scalza, ed essendo in massa animata da moto di trasporto rinvigorisce in ogni urto la corrente da essa stessa creata, nel modo come nella mia convinzione mi sono industriato di descrivere dai numeri 1137 al 1140.

1221. Se poi volessi fare particolareggiato confronto tra l' azione di trasporto nella parte superiore dell' onda e quella esercitata nella parte inferiore di essa prima che si franga, è noto che non si manca di fatti per provare quanto questa seconda azione sia alla prima superiore in potenza. Quindi basterà qui richiamare l' attenzione sull' azione necessaria per creare quella velocità impressa dal fluttocorrente ai corpi galleggianti alla superficie che vediamo straccare alla spiaggia, e su quella che lo stesso flutto deve avere sul fondo per vincere l' aderenza ed imprimere moto di trasporto ai materiali pesanti, che troviamo gittati sopra la spiaggia stessa; avvertendo inoltre che questi non presentano, come quelli, presa al vento. Senza ammettere una maggior potenza nella parte inferiore dell' onda a confronto con la superiore, io non saprei rendermi ragione neppure della ordinaria legge de'depositi lungo i lidi. *La mer*, osserva E. de Beaumont, *a plus de tendance à rejeter les grosses particules que les petites; elle repousse donc d'abord les gros galets, puis les petits, et enfin le sable*: ed il Tadini già aveva notato questo *vagliamento*. Quindi deve accadere, a parer mio, che i materiali gradatamente meno densi, essendo con più facilità tenuti in sospensione nella sfera più elevata dell'onda, partecipano del suo diminuito moto progressivo quando l' onda non è ancora franta, e però giungono più tardi alla riva e si spandono in superficie tanto più estesa quanto sono più minuti o leggeri. Inoltre questi leggeri materiali sono dal flutto istesso ricondotti al mare nel ritorno, o risacca, di esso, e riposti in giuoco. Quelli più densi e più voluminosi invece, essendo trascinati sul fondo da forza più attiva, robusta e retta, perché prodotta dall'urto delle onde sul fondo del mare e dalla regolare direzione della propagazione di esse, vagano meno e però giungono primi al punto di riposo; e vi restano stazionarî, perché il flutto di ritorno non ha più sufficiente forza di trasportarli nuovamente al mare. Io non credo aver d'uopo di avvertire il lettore che per dare una breve e generale spiegazione di questa legge, ho dovuto fare astrazione da' complicati moti secondarî, ma pure sensibili, che si sviluppano dai flutti, quando urtano il fondo o le sponde di un lido, anche di costituzione sottile, e quando essi cozzano tra

loro. Così, mentre è certo che la tendenza naturale de' flutti è quella di colmare le spiagge, i seni ed i porti, pure nei casi straordinari essi corrodono e spurgano cotesti siti (802).

ARTICOLO DECIMOPRIMO

RISULTAMENTO DA CUI MANIFESTASI IL BISOGNO DI COMPILARE DELLE TAVOLE DI CORREZIONE PER IL TRASPORTO CAUSATO DALLE ONDE

1222. Dopo la conoscenza di tutti gli effetti prodotti dal vento sulla superficie del mare, riuniti nell'articolo nono del capo secondo (340 al 355), sul quale più specialmente richiamo l'attenzione del lettore; dopo la conoscenza di tutti gli effetti dal vento prodotti e raccolti in questo capitolo, come non convincersi che il vento produce simili effetti nella massa di acqua ondeggiante? Io ne sono convintissimo, perché dai fatti sopra esposti e dalla pratica che ho della navigazione mi si fa manifesto, che nei casi di vento gagliardo, non solo presso il lido, ma anche in alto mare, il moto ondulatorio è animato alla superficie di valutabile reale trasporto in massa nel verso orizzontale: fenomeno che io ho nominato *fluttocorrente al largo* (1023).

1223. Egli è certo, che in tempo di venti forti l'acqua, nella parte superiore de'marosi, è sensibilmente spinta in avanti. Spesso si vede la superficie delle grandi onde intaccata da gran numero di piccoli flutti, i quali frangendosi a volute fanno biancheggiare il mare; fenomeno da indicarsi col titolo di *mare a montoni*. Non così spesso, ma disgraziatamente neppur tanto di rado, si vede puranche che i marosi stessi si frangono in alto mare per la resistenza dell'acqua sottoposta, in forza de' principî medesimi pei quali si frangono presso la spiaggia; con la sola differenza, che per il fondo solido e resistente del lido subacqueo, i flutti vi si aguzzano, e franti si precipitano a molta più distanza di quello ch'essi possano fare in alto mare sopra un corpo liquido, poco resistente ed ondeggiante (820 al 823).

1224. Dunque nei detti casi si deve far entrare nel conto di stima del bastimento l' elemento di trasporto dovuto ai marosi, interi o franti che sieno; il quale avrà più o meno valore secondo la forza la durata e l'estensione del vento (1116), e sarà adatto a superare nei casi di vento furioso e continuato quattro miglia e più l' ora.

1225. Con questo nuovo studio su i trasporti straordinari si giungerà a diminuire gran numero di quei secondarî corsi di acqua, di cui oggi, in tutte le direzioni, sono irrigate le Cartecorrenti, siccome sparirono già gran numero di quelle seccagne, di cui erano seminate le Carte dell' Oceano, perché sarà determinata la vera causa di ogni trasporto. Si è veduto infatti che si ritengono per correnti ordinarie quei trasporti, i quali sono dedotti dalla differenza del cammino di stima con quello osservato , ovvero dal rinvenimento di bottiglie gettate in un dato punto ed in un altro raccolte , mentre in verità , cotesti trasporti, possono essere soltanto movimenti parziali e temporanei dovuti alla forza e durata del vento ora in questa, ora in quella direzione (1024 al 1032). Per questa via sarà data spiegazione a quell' *incognito moto di trasporto*, come l'annunziava de Courtanvaux (1042), a quell'*agente occulto*, come lo chiamava Macarte, a quella *fin qui ignota ma fatale corrente*, come si esprime il Piddington (1072), a quell' *improvviso misterioso impulso* o *spinta*, come il dice lo Hall (1185), a quel *guadagno di flusso* come lo qualifica il Keller (1075), in somma si sapranno calcolare quelle stravaganze di forza e di direzione che verificansi anche nei paraggi di correnti costanti. Stravaganze che sorprendono ; inquietano i più illustri navigatori (1042 al 1047) ; troppo spesso troncano la vita a migliaja di generosi, intelligenti e robusti cittadini, e distruggono milioni di capitali necessarî ed attesi dal commercio e dallo Stato (1047 e 1071), e che hanno fatto dire a Dumoulin, nel render conto delle *routes des corvettes l'Astrolabe et la Zélée*, commandate da d' Urville, che « *le lecteur sera peut-être étonné des différences qu' il pourra remarquer soit dans la force, soit dans la diréction des courants conclus des routes des corvettes; mais nous croyons devoir prévenir d'avance que tous ces calculs ont été rêvus avec soin, et que ces anomalies doivent nécéssairement*

se rapporter aux erreurs des estimes faites avec le lock et la boussole » ; errori , che sono risultati molte volte , mi sia lecito di soggiungere, perché non si è tenuto conveniente conto del moto di trasporto di massa causato dai marosi.

1226. * In questo stato di cose, ben a ragione osserva il Keller , *il n' est pas étonnant que le hazard joue un si grand rôle dans la navigation de la Manche et de la mer d'Allemagne, et que le prestige de l' habileté soit entièrement fondé sur la hardiesse et le bonheur: car les plus habiles ne sont autres que les plus hardis , qui , de peur de se tromper dans leurs supputations de courants, n'en font aucune.* Osservazione, che può generalizzarsi per tutti i mari del globo (dal 1041 al 1048 e dal 1057 al 1071) , con la sola differenza che nei vasti e liberi mari il navigante può avere, nel più lungo tempo, probabilità di correggere astronomicamente il suo punto di stima prima di approssimarsi alla terra. Presso la terra , fortuna se lo stato del mare e la forza del vento permettono di aspettare. Ma anche in questo favorevole caso con non meno ragione Jurien de la Gravière notava : « *C'est chose cruelle que d'avoir un bon vent, de savoir que quelques heures vous conduiraient au port , et d' être obligé de rester à la merci des flots, faute d'un rayon de soleil.* » E quante conseguenze può produrre una ritardata navigazione ! *C' est surtout en marine qu' il ne faut jamais remettre au lendemain* ; dirò per esperienza con lo stesso Jurien.

1227. * Se , come dice Chabert, possiamo con *precisione* aver la misura dello scarroccio (1118) : se possiamo convenientemente *garantirci*, nel calcolo del punto stimato, di quella parte di errore che proviene dal solcometro e dalla bussola, come assicura Duperrey (1024) ; non resta altro per ottenere un punto di stima, quasi direi, perfetto, che conoscere perfettamente l'azione delle correnti : le quali sempre devono dividersi in ordinarie ossia regolari, e in istraordinarie, ossia incostanti, che son quelle di trasporto sviluppato dai flutti. Gli studi intorno alla prima specie di queste correnti possono dirsi maturi, e per essi la marina risparmia già molte vittime ed il commercio guadagna molti milioni, come vedremo nell'articolo primo del capitolo seguente; quelli della seconda sono ancora nell' infanzia, perché

sconsigliatamente sono stati trascurati o poco curati fin qui, come ho dimostrato negli articoli di questo capo.

1228. * Io non intendo poi di dichiararmi giudice, e tanto meno giudice competente, di quella parte degli studî del Maury di sopra esaminata (1082 e seg.), quantunque con vigore da chiari uomini sia stato questo lavoro del Maury sopra altri punti confutato, il più moderato dei quali, il Fleuriot de Langle, giunge a dire: *Suivant moi la théorie que Maury a émise sur les circuits aériens et sur les courants qui sillonnent l' Océan sont des hypothèses qu'il est encore difficile de soutenir devant la science, et M. le capitaine de vaisseau Bourgois vient de la combattre en lui opposant de très-forts arguments.* Ma non esito punto a notare che un capitolo che tratti dei movimenti, o trasporti di acqua, cagionati dal vento nelle onde, e che egli, l' illustre Maury, benemerito per tanti altri importanti titoli, avrebbe potuto compilare, manca intieramente nella citata geografia, come mancano nei trattati del pilotaggio le tavole per introdurre nella navigazione questo importantissimo elemento di correzione: ed è per me dolorosa cosa di non poter provvedervi.

* Vero è che non può pretendersi tal lavoro da un solo uomo, e tanto meno da un uomo, come sono io, obbligato a servire, e, per conseguenza, obbligato ad impiegare molte ore del giorno nel disimpegno del proprio dovere in terra ed in mare, e fornito soltanto di sua personale esperienza e di sua privata librería. *En effet*, aggiungerò con il Keller; *le rôle des travaux individuels est de creuser et d' approfondir un point particulier, ou d' apporter quelques pierres à l' édifice de la science; mais il n'est donné à qui que ce soit d'élever sa construction depuis ses fondements jusqu'à son sommet.* Imperocché « *i grandi problemi della fisica terrestre sono di tal natura*, ci dimostra il Secchi, *che da una privata persona, benché ardentissima di zelo e fornitissima di strumenti, non possono essere risoluti.* » Quindi tutto quello che a me è permesso di desiderare, si limita a richiamare sull' argomento l'attenzione dell'operoso Maury, o di chi al par di lui ha sapere, volere e mezzi di coordinare un lavoro utile per la nautica ed istruttivo per la geografia fisica del mare. Tuttavía io ho creduto mio

dovere di riprodurre le dimenticate tavole del de Goimpy, d'indicare i difetti scortivi dal de la Coudraye, e di porre sott'occhio del lettore quel tanto che ho potuto raccogliere per dimostrare, come ho detto, l'esistenza ed un valore, in genere, del moto di trasporto nelle onde spinte da forte vento in alto e libero mare (1108, 1116 e 1224).

1229. * Inoltre ho voluto trattare nel modo il più manifesto l' esistenza di eguale fenomeno di trasporto nelle onde *anche senza vento*, ma apprezzabile per l'uso della navigazione in quei luoghi *soltanto*, ove i marinari con verità, ma con erronee espressioni, dicono: *i frangenti attirano il bastimento*; *la corrente tira a terra*; *la calamita attrae in terra i bastimenti* (1204); ossia ove il fondo del mare non permette ad esse onde di svilupparsi liberamente; il che, in generale e nei grossi tempi, accader deve dal ciglio delle ghirlande dei terreni avventizî sino alla riva, e con rapida progressione (1137): fenomeno che ho chiamato *fluttocorrente della superficie* (1141). E pure di questo trasporto ho, in genere, accennato ad un valore (1137); acciocché siano aggiunti in esse tavole i dati per correggere anche questa seconda importante causa di sinistri (1023), ed acciocché l'una e l'altra dimostrazione serva almeno a convincere ognuno della grande influenza dei fenomeni di cui ho ragionato, del bisogno che si ha del ripetuto lavoro, e dell' utilità che da esso ricaverebbe la navigazione di altura non che quella di costa.

1230. * Solo in alto e libero mare le onde senza vento non hanno moto orizzontale di tal valore che sia nocivo all'uso della navigazione (1120 al 1128). Difatto, dirò con Paris: « *Qu'est-ce que cette colline bleue et miroitante qui s'avance si vite dans le sens horizontal, lorsque ses molécules ne changent pas de place, et se bornent à monter et descendre l'une après l'autre? Car il n' y a translation de l'eau que lorsque la mer déferle, comme sur les bancs* »; o come pure, aggiungo io, quando l'onda senza esser franta è intaccata da piccoli flutti che per forza di vento si frangono (1223).

* Tuttavía non ho inteso di escludere nelle onde in modo assoluto un tal moto, specialmente se sono accompagnate da un vento anche leggero nel verso della loro propagazione; e

però non a caso, dopo aver avvertito che io non credeva fosse cosa indifferente aver l' onda favorevole o contraria alla direzione del bastimento (222), ogni qualvolta mi è occorso di negare un influente valore a questo moto, ho sempre detto, che esso non è *sensibile*, *notevole* o *calcolabile* (1116, 1126, 1137, 1147 e 1149), per avvertire che, a mio credere, quel moto può trascurarsi, senza tema di compromettere la sicurezza della navigazione; il che d'altronde non esclude l' esistenza di un piccolissimo moto nelle onde anche senza vento o con vento mite.

* Io ho forse troppo insistito su questa eccezione al caso primo (1023); ma quando, dopo le prime mie pubblicazioni, ho veduto la reazione, e che al difetto di quei valenti che negavano ogni movimento di trasporto nelle onde, è succeduto l'eccesso di altri non meno valenti che lor ne concedono troppo, ho creduto dovere essere, il meglio che per me potevasi, esplicito tanto per gli uni, quanto per gli altri, perché sono convinto che nei due estremi sta, come sempre, l'errore.

1231. * Possano i fatti e le riflessioni comprese in questo Capitolo produrre favorevole impressione negli uomini di autorità nella marina e nelle scienze ad essa affini, come ancora nei Membri della commissione di *Bruxelles* (217).

1232. * Mi resta ora render ragione degli effetti prodotti dal *fluttocorrente del fondo* (1141), di che mi occuperò nel corso del seguente capitolo.

CAPITOLO QUINTO

CORRENTI E RISULTAMENTO DELLE RICERCHE FATTE SU DI ESSE ——— SISTEMA DEL MONTANARI E SUOI DIFETTI ——— MARÈE ——— MOTO LITTORALE — SUA VELOCITÀ E ZONA — FORZA NECESSARIA PER ISMUOVERE E TRASPORTARE I DETRITI ED INEFFICACIA DELLA CORRENTEMARÈA E DELLA LITTORALE CONSIDERATE IN SÈ STESSE ——— PREVALENZA DE' FLUTTI SUL MOVIMENTO DI TRASPORTO — LE CORRENTI SI DEBBONO AVERE A CALCOLO — PERCHÈ — RILEVANTI EFFETTI DI ESSE QUANDO SONO AIUTATE DAI FLUTTI ——— FORMAZIONE DELLE SPIAGGE — MATERIALI FORNITI DAGLI AFFLUENTI TERRESTRI — DAL CONSUMO DELLE COSTE — DAI CORPI ORGANICI ——— PORTICANALI — DIFETTI E RIMEDIO ——— CONCLUSIONE GENERALE ——— APPENDICE.

ARTICOLO PRIMO

CORRENTI E RISULTAMENTO DELLE RICERCHE FATTE SU DI ESSE

1233. Conoscere in mare la direzione e la forza delle correnti è soggetto di gran rilievo per la sicurezza della navigazione e per abbreviare la durata de'viaggi.

* « È noto, senza che egli sia necessario dilungarsi troppo su questo punto, dice W. Sharpey, quanto importi alla navigazione di conoscere esattamente le correnti dell' Oceano, la loro direzione, la loro estensione e la velocità loro. »

* « *Il faut toujours*, avvertono Bonnefoux e Paris, *faire entrer l'influence réelle ou même probable des courants dans les éventualités de la route* » : e prima e dopo di loro tutti i precettori

de'dotti di tutte le nazioni, » ha pubblicato nel nostro idioma non solo l'opera del Maury con aggiunte e schiarimenti per la facile intelligenza del comune de'capitani mercantili, ma quanto altro sulle correnti è noto ovunque sino a questi giorni.

* Ma « lo studio delle correnti, nota de Kerhallet, presenterà sempre delle grandi incertezze, *quant à leur vitesse* (ed alla direzione loro per un conveniente uso nella navigazione io aggiungo), fintanto che la marina non avrà adottato, per misurare la velocità relativa dei bastimenti, *un instrument plus parfait que le loch*, ordinariamente in uso » ; (e fintanto che, aggiungo ancora, non avrà preso a tener regolare conto del trasporto prodotto dai flutti, siccome ho avuto occasione di dimostrare nell'antecedente capitolo).

1237. Se dall' Oceano, a cui si riferiscono i lavori del Maury e del Rodriguez, passo al Mediterraneo, trovo la recente opera di W. H. Smyth, nella quale è trattato exprofesso il moto delle correnti di questo mare, avvertendo però egli che la sua ricerca « è stata strettamente racchiusa ai soli effetti prodotti alla superficie (*is nearly confined to the supernatant effects only*). »

1238. Dopo siffatte pubblicazioni nulla posso io aggiungere sull'ordinarie correnti marine in quanto è proprio della navigazione; tanto più che i prefati autori sonosi di questa precipuamente occupati. Ma per l' idraulica importanti fenomeni restano tuttavía a dilucidarsi. E però per quella influenza, che le correnti possono esercitare nella ostruzione dei porti di mare, e negl'interrimenti dei lidi mi fo ad esporre ciò che io ne penso.

1239. * In queste investigazioni seguirò la scuola di Boblaye e di Virlet, la quale stabilisce che *les faits rélatifs à l'action de la mer sur les rivages doivent précéder la déscription des dépôts litoraux.*

ARTICOLO SECONDO

SISTEMA DEL MONTANARI E SUOI DIFETTI

1240. * La maggior parte degli idraulici, e fra questi i più celebri (208), essendo convinti che il movimento ondulatorio impresso dai venti alle acque del mare sia soltanto, e

sempre, apparente, devono altresì essere persuasi, che la direzione della corrente littorale non possa mai essere variata dai flutti, qualunque sia il punto, anche opposto, verso cui essi tendono e qualunque pur sia la loro potenza, e che perciò il trasporto dei materiali deve sempre attribuirsi ad essa. *Quindi*, afferma il Paleocapa, *quindi il progressivo notevole e regolare avanzamento su tutta la estensione delle coste mi pare che non possa spiegarsi altrimenti che coll' azione del moto radente* (181–183). Guidati eglino adunque da questa convinzione, si trovano concordi a ritenere gl' interrimenti de' porti e delle rive, prodotti dalla corrente che si osserva presso i lidi e che perciò si nomina corrente littorale, o *radente*, od anche, da taluno di essi, nel mare nostro, *corrente del Montanari*, come quegli che su detta corrente edificò un' ingegnoso e semplice sistema che si qualificò per dottrina ed ebbe ed ha tuttavía rinomanza europea.

1241. Invece, dalle ricerche da me fatte per istabilire da quali agenti siano realmente assaliti ed interriti i porti, ed a chi si debba l' aumento o la diminuzione de' lidi, risulta che principalmente dai flutti e non dalle correnti littorali tali fenomeni provengano. Questa dottrina io emisi ne' miei studî sul porto di Livorno, e qui intendo di confermarla, abbenché non ignori ch'essa contraddice ad un canone stabilito da lunga data e fino ad ora vigente in tutte le opere che trattano della disposizione e conservazione de' porti. Quindi, per sostenere una dottrina che si trova in opposizione a quella del Montanari, rispettata e seguita da uomini sommi italiani e stranieri, tra i primi dei quali basterà citare un Venturoli ed un Paleocapa, non mi resta che riunire de' fatti incontrastabili in appoggio di essa: in questo solo modo potrò io provare che *le génie et la science ne sont pas encore l' expérience*, siccome giudicava Goury. Né mancherò di riprodurre alcuni de' principali pensamenti di matematici illustri di quella categoría sull' oggetto in questione, affinché sempre più apparisca da quali diversi principî noi procediamo, e possa giudicarsi per il magistero dei fatti da qual parte sia la verità.

1242. * I *Pensieri sul mare Adriatico e sua corrente* furono scritti in due lettere dirette al cardinale Basadonna nel 1684,

ma non furono pubblicate la prima volta che nel 1715, come opera postuma, perché il Montanari morì nel 1687. Se il dotto autore della troppo celebrata teoría contenuta in quei *Pensieri*, avesse vissuto più lungamente, io inclino a credere che egli l'avrebbe abbandonata o almeno notevolmente modificata. Lui vivente, mi pare che non sarebbe stata pubblicata come egli la scrisse. Il male però fu fatto; bisogna procurare di porvi riparo.

« Allorchè un celebre scienziato annunzia un fatto, e sopra di esso stabilisce induzioni, e l'uno e le altre si accettano generalmente senza esitare, non lasciando l'autorità della fonte da cui scaturiscono di che dubitare sulla loro realtà. Ma se per avventura si riconoscesse esservi in ciò qualche inesattezza, importa assaissimo che la cosa venga dimostrata e resa palese colla maggior possibile pubblicità, al fine di rettificarla ovunque si è propagata. » Così saggiamente avvertiva il Lombardini alludendo alla celebrata dichiarazione del Cuvier, basata sulle ben note asserzioni del de Prony, attenenti alle condizioni in che trovasi il Po nelle vicinanze di Ferrara; e così mi permetterò di dire e di usare anche io intorno all'accennata teorìa del Montanari; invitando però un' autorità pari a quella del Lombardini a dare alla rettificazione che sento necessaria quella valevole pubblicità, la quale da me non si pretende di conseguire.

1243. Così per cominciare dirò, che il Montanari stesso si fa ad osservare che « la piccola velocità della corrente (su cui basa il suo sistema) non potrebbe nemmeno portare i sabbioni, nè dal loro luogo muoverli, se l'agitazione delle onde, particolarmente in tempo di tempesta e di venti gagliardi, non li sconvolgesse di quando in quando, e non intorbidasse il mare; nel qual tempo necessariamente sono poi dalle acque pian piano spinti avanti da sinistra a destra, conforme la corrente delle acque stesse li va seco portando » (109-112). Ed è così, osserva il Minard, « *qu' il faut comprendre* come la sabbia è trasportata *par les plus petits courants*, e non già per un effetto della velocità dell'acqua *comme dans les rivières*; » ma vedremo in seguito, che, da cotesta corrente, solo lievi sedimenti di argilla tenera possono provenire.

1244. Il Venturoli segue il Montanari; se non che più

di questi si mostra convinto della esattezza della dottrina adottata, in modo più esplicito ne tratta, e senza riserva alcuna giunge ad asserire, che i detti materiali sono obbligati ad avanzare a seconda della corrente *anche in tempo di burrasca, qualunque sia la direzione del vento* (151-152). Ecco su questo proposito un ulteriore saggio dell'asseveranza del Venturoli.

* « Il sig. Ispettore Giuliano de Fazio, in questo modo egli ha scritto, non sa persuadersi come mai ad una corrente così poco veloce, che per molti secoli non è stata neppur sospettata, non che chiaramente osservata, si voglia attribuire la virtù di sollevare e trasportare tanta copia di sabbia da riempire i porti che trova nel suo cammino. Ma convien dire che questo valentuomo non abbia fatto bastante attenzione al modo col quale opera questa corrente nel trasportare le arene. È verissimo che la corrente del littorale è così lenta che non fa più di tre in quattro miglia in ventiquattr'ore, ed è pur verissimo che con questa così piccola velocità essa non può nè staccare le sabbie dal fondo, nè tenerle sospese, nè farle muover di luogo. Ma quando per l' agitazione delle onde in tempo di venti gagliardi si sconvolge il fondo de' bassi scanni, e s' intorbida il mare, allora rimanendo le sabbie galleggianti e sospese, e disposte a cedere ad ogni minimo impulso, debbono necessariamente ubbidire alla direzione della corrente, ed avanzarsi a poco a poco con essa. E così sebbene la corrente del littorale non abbia forza di staccare e sollevare le sabbie dal fondo, ha però forza bastante per portare avanti quelle che trova già staccate, sollevate e natanti per l' effetto delle fortune di mare; il che basta a spiegare il continuo trasporto delle sabbie di verso levante, il quale sebbene succeda assai lentamente, e soltanto ne' tempi di mare più o meno agitato, con tutto ciò gli effetti ne sono notabili per la continua presenza e per la costante operazione della causa. » Ma tuttavía spero di provare che il de Fazio si era felicemente introdotto nella via della verità, quantunque per altro non l' abbia tutta percorsa, essendo restato indietro in una parte essenziale (140). Egli però ha sempre l'invidiabile merito di essere stato il primo, per quanto io sappia, ad attaccare la dottrina del Montanari.

1245. Cosicché l' errore del Montanari e degl' illustri

seguaci suoi sta nell' attribuire alla sola corrente littorale, quantunque mitissima, il trasporto de' materiali ostruenti, ed alle onde l'azione soltanto di smuoverli. Questa dottrina dunque non ammette che i flutti smuovano i fondi *e portino* le materie smosse, ma soltanto che *smuovano* ed intorbidino l' acqua: il *portare* è, per il Montanari e per chi lo segue, devoluto alla corrente littorale, ed il *tenere le materie smosse* è appropriato ai flutti. Quindi il fenomeno *del trasporto* dei materiali, da cui dipendono gl' insabbiamenti, viene da essi attribuito interamente alla *sola corrente littorale; niuna parte* vi ha il flutto. Questo è il punto cardinale della questione, questo è il difetto di detta dottrina, e questo è quello che io prendo a confutare. Sullo smuovere io sono con loro: ma sulle profondità a cui può giugnere l'azione dello smuovere, io li trapasso: ed ho provato che i flutti smuovono in profondità di acqua trenta volte maggiore di quella ammessa dal Montanari (110 e 652).

1246. Quale sia la forza de' flutti, a quanta profondità si comunichi, e quali siano gli effetti prodotti da essa, credo di averlo nel capitolo terzo dimostrato. È d'uopo quindi fare altrettanto per le correnti perché dal confronto possa conoscersi la prevalenza dell'uno o dell'altro agente e del modo loro di operare.

ARTICOLO TERZO

MARÈE

1247. Nell' Oceano il movimento più regolare e maestoso è quello della marèa. Il culmine di questa onda grandissima, che cammina colla luna di meridiano in meridiano facendo il giro del globo in un giorno lunare, come ho già avuto occasione di accennare, non costituisce in alto mare una vera corrente marina (1144–1148); * « *mais la distribution inégale des eaux sur notre globe*, dirò con Biot, *rend le problème mécanique de leurs mouvements bien autrement complèxe. La masse liquide, au lieu d' être continue et libre, est irrégulièrement interrompue et gênée par l'interposition des îles et des continents. Au lieu d'être partout également profonde, elle repose sur une surface sillonnée de montagnes et d'abîmes, qui se relève par une pente*

tantôt brusque, tantôt insensible proche des terres exhaussées, où elle s'arrête. Alors les communications n'étant plus libres, les particules liquides ne pourront plus obéir immédiatement, et avec régularité, aux forces attractives qui les sollicitent. Dans les éspaces où elles seront trop resserrées, elles n'afflueront plus assez abondamment, ni assez vite, pour réaliser complétement les protubérances locales que chacun des astres sollicite à un istant donné. Dans des éspaces plus vastes, les ondes intérieures et extérieures engendrées par leur transport se trouveront capricieusement resserrées ou étendues, accélérées ou ralenties, dans les cavités et les anfractuosités du fond qui les supporte. Elles se briseront violemment contre les rivages qui les arrêtent, et y formeront des ondes réfléchies qui, propagées vers d'autres bords, viendront y fortifier ou affaiblir les ondes directes produites par l'attraction. Avec cette complication de données naturelles, si nombreuses, et qui nous sont même en grande partie cachées, le problème mécanique des mouvements réguliers de la mer ne nous est plus accessible par un calcul direct; et cet aveu ne surprendra point, si j'ajoute que, dans l'état de nos connaissances sur les mouvements des fluides, nous ne savons pas seulement calculer la formation, non plus que la marche, des ondes qui se produisent en avant, ou sur les flancs, ou dans le sillage d'un navire en mouvement sur un lac. Le phénomène du flux ou du reflux des mers ne nous est donc réellement abordable que par un empirisme expérimental, qui se fonde sur la connaissance de sa cause physique et sur le caractère de périodicité auquel il est nécessairement astreint.»

Tuttavía, per il soggetto che ci occupa, possiamo ritenere per esatto che a sedici o venti miglia dal lido l'ondamarèa dà luogo a movimenti orizzontali di massa nei versi opposti, rendendosi tanto più sensibili quanto più si approssimano alla riva. In certi paraggi ed in certi lidi, conservando l'ondulazione, si manifesta puranche per corrente di sei a dieci miglia l'ora formando od alterando, presso terra, le correnti littorali senza però essere nociva ai porti quanto può credersi a prima vista. Gli esempî che sarò per addurre nel corso di questo capitolo mi provano che le correntimarèe hanno poco, e generalmente punto, azione su i detriti del fondo del mare, e basta

d' aver visitato i lidi del nord della Francia e quelli dell'Inghilterra per convincersi che, con mare calmo, la corrente di marèa conserva l' acqua in tutta la sua limpidezza. Tuttavía non voglio tacere che Monnier sembra credere *possible et même assez probable que les ondulations de la marée donnent lieu à des flots de fond*, e questi trasporterebbero *quelques débris sous-marins dans le sens de leur mouvement*, quando le dette ondulazioni *s' avancent perpendiculairement au rivage*, o *dans les parages* ove le marèe *ont une grande hauteur*.

1248. Ma nel caso che la massa liquida per causa qualunque si trovi pregna di materiali, questi sono dal riflusso, favorito nella sua azione dal piano inclinato della spiaggia, restituiti al mare quasi nella stessa quantità in cui il flusso li aveva trasportati a terra, anzi secondo il Tadini quanti ne arrivano a piè del lido, o su gli scanni, o nella fossa eccetera, tanti ne debbono partire, e secondo Frissard può stabilirsi che *en général, le flot occasionne des atterrissements et l' ébe creuse le chenal.* In ogni modo però, quando trattasi della difesa di un porto, del miglioramento di una rada o della foce di un fiume, specialmente nell' Oceano, deve precedere uno speciale ed accurato studio sulle correntimarèe locali.

1249. Dopo ciò è d' avvertire che non entra nel mio quadro, nè nell'impegno da me assunto, l'analizzare tutte le modificazioni a cui va soggetto il gran fenomeno della marèa. Questa sarebbe opera di lunga lena, molto più che nelle vicinanze delle rive non può servir di guida la legge che lo crea e lo regola in alto mare, perché, dirò coll' autorità del de Prony, *les véritables lois des phénomènes généraux, deviennent des sources de confusion et d' erreur si on veut les lier à certains phénomènes de détail*; e però P. Daussy ci avverte che *il est bien difficile, en fait de marée, de déduire, des phénomènes observés dans un lieu, ceux qui doivent arriver dans un autre.* A me basta accennare quale potenza possano avere le correntimarèe per smuovere e trasportare i materiali ostruenti, e questo è quello che in seguito vedremo.

1250. Quasi di niun interresse può ritenersi lo studio delle marèe nel Mediterraneo per il soggetto che mi occupa. Non già che nel mare nostro non sianvi marèe, come taluni han

creduto, mentre non si può porre in dubbio che in alcuni punti dell' Italia meridionale, dell' Adriatico, in diversi punti dell' Arcipelago e nei seni della costa di Affrica si notano sensibili cambiamenti di livello ed anche regolari tempi di flusso e riflusso. Ma come, generalmente parlando, si trascura nella pratica della navigazione in questo mare la differenza di altezza dell' acqua prodotta dal flusso e riflusso, così mi pare che in generale possa trascurarsi lo studio di questo fenomeno come causa di notabili interrimenti nei porti.

1251. Non credo essere necessario avvertire che io intendo di parlare del valore del fenomeno, quando in esso non agiscono potenze estranee, avvegnaché è certo che secondo la durata e la violenza di alcuni venti, secondo alcune eccezionali disposizioni nei lidi e secondo lo stato di pressione dell' atmosfera, sì nell' uno come nell' altro mare può essere molto alterata la legge del suo tranquillo ed innocuo sviluppamento dipendente dall' azione lunisolare. E giacché mi trovo su questo suggetto, mi sia permessa una digressione nello scopo di torre ogni dubbio sulla realtà di quest' azione nel mare nostro, e di rendere giustizia a quelli che per i primi la scoprirono.

1252. — Nel gran volume dell' Aimé, pubblicato nel 1845, leggo una nota la quale per gli antecedenti chiamerò curiosa, perché sembra che tenda a voler ancora insinuare ch' egli per il primo ha riconosciuto *l' influence de la lune sur les marées de la Mediterranée*; e si prova a portare la data di questa scoperta al 1840, citando una nota del cav. Poirel pubblicata nel 1841: e qui non è tutto. Nel 1844 fec' egli di ciò formale *réclamation de priorité* all' accademia delle scienze di Parigi, senza pensare affatto ai maestri del moto delle acque; ma quel dottissimo consesso non fece onore alla sua domanda. Oh come si fa a trattare un moto qualunque delle acque senza prima dare un' occhiata all' Italia? Qui il predetto Aimé avrebbe veduto, tra le altre fonti del sapere, quella puranche del moto ch' ei voleva trattare. Cicerone al capo XXXIV del libro secondo *De Divinatione* gli avrebbe detto in genere: *Quid de fretis aut de marinis aestibus plura dicam? quorum accessus et recessus lunae motu gubernantur*: e in modo più speciale Plinio al capo XCVII del libro secondo *Naturalis historiae* lo avrebbe

accertato: *Sed aestus maris accedere et reciprocare, maxime mirum: pluribus quidem modis, verum causa in sole lunaque . . . Omnes autem aestus in oceano maiora integunt spatia inundantque quam in reliquo mari.* Plutarco inoltre al capo XVII del libro terzo *De Placitis Philosophorum* gli avrebbe riferito, ove parla *De causis aestus maris*, che *Seleucus Mathematicus, ipse quoque motum terrae tribuens, eius revolutioni ac motui Lunam adversam ire ait*, e per questo moto accadere la marèa.

1253. Egli avrebbe saputo dal Boscovich che: *Multa ex hisce phaenomenis etiam apud veteres erant satis nota, et apud poetas quoque marini aestus mentio occurrit saepe. Hunc certe poetarum quoque princeps Virgilius inter alia vel è physicâ, vel è mathesi desumpta tamquam aptissimum carminis argumentum commemorat, quo exponatur: Quà vi maria alta tumescant Obiicibus raptis, rursusque in se ipsa residant. Claudianus autem analogiam aestus marini, qui in Oceano contingit,* CUM LUNAE MOTIBUS *ibi adumbravit, ubi de* PADI OSTIIS *et* ADRIATICI *aestu loquens sic habet:*

> . . . . *Certis ubi legibus advena Nereus*
> *Aestuat, et pronas puppes nunc omne secundo*
> *Nunc redeunte vehit, nudataque littora fluctu*
> *Deserit: Oceani lunaribus aemula damnis.*

1254. Se rivolto avesse lo sguardo all'Inghilterra avrebbe veduto, in una utilissima raccolta scientifica che colà si pubblica, che in un codice in lingua veneta vernacola della più antica a carte 51 si legge fra i precetti dati ai naviganti quanto appresso. « Le acque di questo porto (Venezia) si xè queste: quando la Luna xè in Ponente, e Levante, sono tutte le acque basse; e quando xè in Sirocco, e Maistro, son mezze piene; e quando la Luna xè in Ostro, le acque son tutte piene; e quando la Luna xè in Greco, e Garbin, le acque son mezze vode.

« Avvisote, che le acque in *Fele* (cioè morte, o basse) comenza zorni quattro della Luna infin a zorni diese; e là xè *a punta*; e dai undese in suso sono acque seconde fino a zorni 19 della Luna; e da zorni 19 infin a zorni 25 sono de novo le acque in *Fele*; e dai 25 infino a 4 della Luna sono

crescenti. Avvisote, che in una Luna sono dò *Fele*, e dò *Seconde*; e da 7 ai 9 l'acqua no xe move ». Fu di opinione il doge di Venezia Marco Foscarini, che il codice, di cui sopra, appartenesse a Pietro Loredano valorissimo capitan generale di mare, che fioriva nell'anno 1443. Del quale frammento avvi anche la traduzione in latino. (*Philosophical trans. of the Roy. soci.* Lon. V. LXVII, 1777, p. 148 e 149).

1255. Nella stessa Albione avrebbe trovato una erudita e particolareggiata lettera del Toaldo, *De reciproco aestu maris veneti*, dalla quale fra le tante altre notizie avrebbe attinto quella, che l'influenza della luna sulle marèe dell' Adriatico era non solo nota agli scienziati, ma a tutta ancora la plebe marittima dello stesso mare: *illud etiam vulgo notum Venetiis singulis diebus bis aquarum fluxum fieri... aestus enim maris, ut alibi, ita Venetiis, regitur a motu Lunae.* Che *hora completi portus, quem statum* établissement du port *appellant Galli id est aestus altissimi in syzigiis praecipue, est* $10\frac{1}{2}$ *post lunae, transitum per meridianum, superiorem, aut inferiorem, ita ut postea descendere incipiat.* Che dopo reiterate esperienze proprie e del Temanza lo stesso autore potè costruire due tavole: una col titolo *Aestus medius ratione situs lunae*; l'altra *Aestus maris, secundum XII signa zodiaci, quatenus refertur ad Lunam.*

1256. Rivolgendosi poi nuovamente all'Italia avrebbe veduto, che G. B. Porta espone i risultamenti di una serie di osservazioni sulle marèe lunari fatte nella laguna di Venezia. Avrebbe veduto nella notissima lettera del Montanari che questo fenomeno nel golfo Adriatico *si ripete ogni sei ore lunari.* Avrebbe veduto che il dott. Chiminello ha provato, tanto per le osservazioni di Breste e di Chiozza, quanto per la teoría, che la marèa del plenilunio è maggiore di quella del novilunio di circa $\frac{1}{25}$ del totale. Avrebbe veduto che il disopra citato Toaldo pubblicò un' opera ove riporta il giornale meteorologico del Temanza e ne estrae i risultamenti sulle marèe lunari dell' Adriatico. Avrebbe veduto nel Targioni Tozzetti, che monsig. Ugolino Martelli in un suo trattato del flusso e riflusso del mare dice: « A Livorno si vede, diligentemente osservando, il flusso e riflusso per altezza poco meno di un mezzo braccio, di sei ore in

sei ore, *con le medesime regole che nel mare di Venezia*. Avrebbe veduto che il Targioni stesso avvertiva inoltre, che nel fosso de' navicelli è sensibile questo fenomeno fino al Caterattone di s. Pietro in Grado, ed aiuta molto il moto de' navicelli troppo carichi, che sovente sono forzati ad aspettare *l' empifondo*, *o acqua piena della Luna*, che così chiamasi il flusso. Avrebbe veduto nel ripetuto Targioni citata puranche l' opera di Giovanni Bianchi sulle marèe della spiaggia di Rimini col titolo: *De aestu maris ad littus portumque Arimini*. Avrebbe veduto che lo Zendrini, parlando di questo fenomeno nel mare Mediterraneo, riconosce i maggiori effetti *nei punti più forti della Luna che arrivano nella congiunzione del Sole*.

1257. Guardando alla Germania, avrebbe veduto nella *Corrispondenza astronomica* del Baron di Zac, che Antonio Rossi aveva istituito in Porto Venere negli anni 1813-14 e 15, e dentro il seno della Spezia nei tre anni consecutivi, diligenti osservazioni sul flusso e riflusso del mare; dalle quali indagini risultò che il flusso e riflusso al Porto Venere fu di 44 centimetri, e nel fondo del seno della Spezia di centimetri 63, 5.

1258. E volgendosi di nuovo all'Italia, avrebbe veduto che, il Pigonati aveva registrati gli effetti della marèa nel porto di Brindisi secondo le lunazioni. Avrebbe veduto che, quasi contemporaneamente al Rossi, lo Scaccia ebbe fatto eseguire indagini consimili nel mare di Civitavecchia, alla foce del Tevere ed a Terraçina; e siccome in Civitavecchia, la differenza massima tra il flusso e riflusso fu trovata di 0, 33, lo Scaccia, non persuaso di questo risultato, fece ripetere le osservazioni *un' ora e mezzo dopo il plenilunio*, e fu riconosciuta una differenza assai più ardita, mentre *l' acqua piena della Luna* salì fino all' altezza di 0, 42, 8 (1). Avrebbe veduto che il Ferroni

(1) Biagio Donati, scrupoloso osservatore de' fenomeni della natura ed ottimo amico, mi scriveva. « Da osservazioni continuate negli anni 1845 e 46 nel porto di Civitavecchia per il flusso delle acque n' è risultata una media di metro 0, 38, per ciascun giorno dell' anno. Queste osservazioni sono state eseguite all' Idrometro situato entro il bacino della Darsena, ove le acque sono molto più quiete che nel porto. La massima differenza tra la bassa marèa con vento da terra, e l' alta con vento da fuori è risultata di 0^m, 62. Col vento di scirocco 0^m, 58. Lo stabilimento del porto di Civitavecchia sembra essere ore 7.51' ».

asserisce essere *indubitato* che concorre il *Sole insieme alla Luna*, e questa per la più parte, ad agitare l' Oceano ed i mari *Mediterranei*, e che A. Catullo qualifica il fenomeno delle marèe nell' Adriatico per *movimenti regolari e periodici prodotti dalla forza attrattiva della luna e del sole*. Avrebbe veduto che A. Nobili, nella sua elaborata memoria *Su le maree del golfo di Napoli* aveva dimostrato che « *l' effetto dell' azione luni-solare* è *sempre sensibile*... e segue *con regolarità*; e che la massima piena si è *costantemente verificata* o due giorni dopo le sizigie, cioè *precisamente come avviene nei grandi mari* ». Di più, siccome l' Aimé nel 1840, invece di dire che aveva fatto la scoperta di cui poi reclamò per quest' epoca la *priorité*, disse anzi, che dalle esperienze da esso lui fatte in Algeri risultava che *les marées lunaires sont insensibles*, e che le variazioni che si osservano nel livello del mare sono *dûes à d' autres causes qu' aux actions réunies du soleil et de la lune*, così avrebbe veduto che il Nobili nell' altro non meno pregevole lavoro, *Mutamenti del livello del mare per opera della pressione atmosferica e di altre cause diverse*, confutava le asserzioni di lui, e sicuro dei risultati delle sue accurate esperienze concludeva dicendo, *non possiamo non ammettere in generale la marèa in tutti i punti del Mediterraneo*.

1259. L' Aimé non solo non ha guardato all' Italia, non all' Inghilterra, non alla Germania, ma neppure alla Francia stessa, e però non ha ivi veduto che Fournier ha detto: « *De tout temps on a remarqué que la Mer suit le mouvement de la Lune*: .. *en la plus part de la Mer Méditerranée... bien que le flux iournel soit insensible, et beaucoup moindre qu'és autres lïeux de l' Océan; toutesfois és nouvelles et pleines Lunes, specialement de Mars et de Septembre, on y remarque l' eau plus grosse et plus agitée*. Così non ha pur ivi veduto l' esperienze di Angos fatte in Tolone e citate da Lalande: quelle registrate dal Baudin, il quale ci avverte che alle *Cherchènes*, costa Nord d'Affrica, ove egli studiava, *la mer y marne de 5 à 6 pieds dans les nouvelles et pleines lunes*; e quelle del Nobili registrate nel Rendiconto dell' accademia delle scienze di *Parigi* anno 1842, t. 15, pag. 562. Dopo tuttociò l'Aimé aspirerebbe al merito della *priorité*! In fatto di priorità mi

sembra scorgere in lui un secondo Poirel intorno alla priorità della formazione e dell'uso dei massi artificiali! —

1260. Torno senza più al mio principale assunto, ed abbandonando le marèe, che dall'arte, con praticare il noto principio dei precettori nostri « *gran laguna fa gran porto* », sono rese molto più benefiche ai porti di quello che di lor natura siano ad essi nocive, passo alle correnti propriamente dette, le quali possono avere dannosa influenza alla conservazione de'porti.

ARTICOLO QUARTO

MOTO LITTORALE — SUA VELOCITA' E ZONA

1261. Come nell'Oceano, così nel Mediterraneo, vi sono diverse correnti; ma adesso per brevità io mi occuperò solo della *mediterranea*, conosciuta dagl'idraulici sotto il nome di *littorale* e di *radente* (1240), perché regnante e generale nel mare nostro, e perché è quella a cui si attribuisce la principale azione nell'insabbiamento de' porti e nell' aumento o diminuzione de' lidi. Su questa littorale, hanno trattato molti, ed il Casoni ne ha compilato storia idrauliconautica che nulla lascia a desiderare. Il Paoli, del quale sempre si deplora l' irreparabile perdita, ha trattato di detto moto con non minore dottrina e corredo di fatti. Io ignorava l' ultimo lavoro di lui, quando ne' miei studi sul porto di Livorno pubblicai le mie convinzioni sulla prevalenza di trasporto risultante dal moto ondoso in confronto di quello delle correnti littorali, e fui molto soddisfatto allorché conobbi, che in una questione di tal natura mi trovava appoggiato da nome chiarissimo.

1262. * È noto adunque che la corrente littorale, parlandone in tratti generali, gira a torno tutto il mar Mediterraneo; ha principio nello stretto di Gibilterra per le acque che vi entrano dall'Oceano, e scorrendo la Barbería, l' Egitto, l'Asia minore e la Grecia, si avanza nell'Adriatico sulla sponda illirica per uscir poi per quella italiana. E continuando il suo giro, visita il resto della penisola, la Francia meridionale, e pone fine al suo corso in Ispagna presso a poco nel punto d' onde

ebbe principio. A chi la osservi in Gibilterra si presenta manifesta e rapida; ma va decrescendo poi di vigore coll' allontanarsene; cosicché nei nostri lidi è poco energica. — Per chi desidera maggiori particolari, legga l' opera dello Smyth di già avvertita (1237), e quella di Boccardo.

1263. Difatto al ripetuto moto littorale, che per chi guarda il mare va da sinistra a destra, si dà dai trattatori di esso nel mare Adriatico non più di tre o quattro miglia di velocità ogni 24 ore, e circa sei miglia di zona in larghezza.

1264. * Il Paleocapa per induzione crede la detta velocità *molto maggiore*, ma, nella sua isquisita delicatezza, avverte che egli *non può addurre sufficienti esperienze dirette* che provino questa sua credenza. Io nella punta livornese l' ho trovata in fatto più vegeta, cioè di mezzo miglio l'ora con vento e mare calmo, ed alla estremità di alcuni capi si trova di un miglio ed anche di due per ora (1122). È da notarsi però che questa velocità è alla superficie, ed utile sarebbe stato il conoscere ancora quale essa sia sul fondo del mare, almeno alla distanza di un miglio dalla riva; anzi la completa conoscenza di questa velocità sarebbe quella che più al caso nostro servirebbe, perché dalla forza di essa più specialmente dipende il trasporto de'detriti del fondo. Ma la mancanza dei mezzi non mi ha permesso siffatta osservazione, e niuno in Livorno e lungo le altre nostre coste, per quanto è a mia notizia, se n' è occupato in modo soddisfaciente.

1265. Il Marieni avverte che nell' Adriatico « si sono fatte delle indagini onde scoprire quanta sia la profondità della corrente littorale; ed è *opinione assai comune e probabile*, *che essa non si estende più di* 20, *o di* 25 *piedi* (otto metri circa) *sotto la superficie del mare*: *vi ha chi pensa di poterlo argomentare anche dalla facilità colla quale essa cambia di direzione ad ogni vento che spiri contrario* »; senza però indicarne il valore sottomarino. Ma sappiamo da esperienze fatte altrove, che la velocità di una corrente è decrescente dalla superficie a basso. Per questa ragione e per il seguente esempio io credo che non giunga in verun modo sensibile a quella profondità.

1266. * Il 4 agosto 1857 trovandomi sul piroscafo s. Giuseppe, comandato dal capitano R. Castagnola, ancorato fuori il

porto Clementino, presso Corneto, in profondità di acqua metri 3, 80, si vedeva chiarissimamente il fondo del mare. Il vento ed il mare in quel momento erano calmi. I lunghi nastri di alga, che tappezzavano il fondo, erano tutti curvati e diretti perpendicolarmente al lido, ossia si dirigevano da ponente a levante; direzione della giornaliera maretta di quella bella stagione. Ora, se la corrente littorale avesse influenza a quella profondità, la detta alga doveva essere diretta paralellamente al lido, ossia nella direzione di ostro a tramontana. E siccome quelle punte di alga non erano più sotto della superficie del mare di circa m. 2,60, così debbo credere che la detta corrente non avesse azione alquanto sensibile neppure a quella piccola profondità. Il piroscafo era distante da terra circa 500 metri.

1267. Con ciò non intendo escludere che non vi possano essere delle correnti sottomarine più veloci di quelle della superficie, mosse in direzioni differenti e puranche opposte: l' esperienze fatte nell' Oceano da J.-C. Walsh sembrano confermare un tal fenomeno già notato da Marsigli (117). Ma presso i nostri littorali io non conosco che esso sia stato mai osservato, anzi sono persuaso che non esista, perché la quasi continua presenza de' bastimenti di qualunque dimensione e per qualunque servigio che li solcano in tutti i versi, avrebbe potuto farlo avvertire come è accaduto altrove e come lo hanno ben notato Heywood e R. Fitz Roy presso il Rio della Plata. Nei paraggi ove questo fenomeno esiste, i bastimenti possono avere rilevante vantaggio o disvantaggio, secondo la forza relativa e la direzione delle correnti superiori ed inferiori. Quindi per la corrente di cui mi occupo e per la questione che tratto, io credo di poter, senza altre indirette indagini, applicare ad essa la legge adottata per i fiumi.

1268. Il Turazza ci dice che « il problema della scala delle velocità fu ed è tuttora uno di quei problemi della pratica idraulica, che maggiormente tennero occupati i cultori della medesima. » E dopo di avere analizzato le esperienze eseguite a tal'uopo conclude: « Malgrado questi tentativi, i risultamenti delle osservazioni presentano troppo forti anomalíe e fatti troppo contraddittorî, per poterne cavar fuori una legge generalmente applicabile. La sola conseguenza che si possa

dedurre da tutte le osservazioni conosciute si è, che la velocità dell' acqua va minorando a mano a mano che dalla superficie si discende in giù sino al fondo; lentamente dapprima, poi di più in più, finché la diminuzione si fa marcatissima nella vicinanza del fondo, ove la velocità si conserva tuttora maggiore della metà di quella che si riscontra alla superficie. » E la formola da lui calcolata riesce meno lontana dal vero di quella del de Prony, come nota il Sereni. Siffatta legge si trova verificata anche da alcune esperienze, eseguite personalmente dal Casoni col galleggiante composto, nella controcorrente da lui scoperta vicino a Malamocco.

1269. Questa più notabile diminuzione presso il fondo nasce principalmente da quelle resistenze prodotte dalla scabrosità del fondo, naturali *cimageni* del Tadini. « L' attrito dell'acqua corrente sopra il fondo del suo letto, scrive il de la Beche, è considerevolissimo, e veruna corrente o marèa può avere la stessa velocità alla superficie del mare ed al suo fondo. Se fosse altrimenti, le correnti prodotte dalle marèe non sarebbero, lungo la maggior parte delle coste, che delle masse di acque torbide; invece si vede in tempi calmi che le acque conservano tutta la loro limpidezza ». Dunque può ritenersi per certo, che la velocità della corrente sopra il fondo de' lidi italiani, se giunge a toccarli, è molto minore di quella già mitissima della superficie (1263), e può credersi tutto al più, nei punti ove essa è più vivace, di metro 0,15 per minuto secondo, com'è stata ritrovata nelle vicinanze del porto di *Cette* da Le Bourguignon-Dupperé.

1270. Sappiamo inoltre che presso le sponde diminuisce la velocità dell' acqua per la stessa legge che la fa diminuire presso il fondo. Io credo superfluo riportare in proposito degli esempi, non essendo dottrina controversa; ma per la sua specialità ne citerò uno. Nel 1840 ebbi dal governo pontificio il comando di tre piccoli bastimenti a vela per ricevere in Egitto alcune colonne di alabastro, che il munificentissimo vicerè Mohammed-Aly aveva donato alla rinascente basilica di s. Paolo in Roma. Giunto nel Nilo, e non essendo le dette colonne pronte per caricarsi, mi risolvetti di rimontare quel fiume con uno de' nostri bastimenti fino alla prima cateratta.

Mio scopo fu quello di occupare il tempo dell' indugio a conoscere un tratto di 825 miglia de' più grandi corsi di acqua, e visitare le magnifiche rovine di quello storico e classico paese. Giunto alla prima cateratta, voleva scendere al più presto al Cairo; ma un vento forte da nord non solo impediva la discesa, ma ricacciavami indietro. Più volte tentammo di levare l'àncora e d' impiegare tutti i mezzi in uso per ottener l' intento; ma inutilmente e con molto pericolo del bastimento, in quel tratto di fiume presso Assuan (l' antica Syene) seminato di granito. Allora pensai che ponendo una vela sott'acqua attaccata al bastimento, essa ricevendo l' impulso della corrente lo avrebbe comunicato al naviglio per modo che, spinto da questa aumentata potenza, vincerebbe quella del vento e discenderebbe il fiume. Così facemmo, e ne risultò quanto desideravamo. Ma ciò che cade in acconcio qui riferire, in appoggio alla proposizione che ora tratto, si fu il vedere il bastimento non solo discendere con forte vento contrario, ma ben anche allontanarsi dagli scogli, dai banchi, dalle sponde sottili, e navigare sempre nel miglior canale con maggior precisione di quella che avrebbe potuto ottenersi se fosse stato guidato dal più intelligente e pratico piloto. Il bastimento dovendo ubbidire al centro di sforzo della vela sott'acqua, e questo essendo il prodotto dell'azione massima della corrente, veniva obbligato ad allontanarsi dai luoghi di pericolo, ossia di minor acqua, perché vi era in essi minor corrente. Questo utile risultamento non deve far meraviglia: perché, ripeterò con Arago: *plus on étudie de près les phénomènes naturels, plus ils acquièrent d' importance et de grandeur.*

1271. Mi pare che questo fatto potrebbe per analogìa servire anche a render ragione, come quelle zattere di ghiaccio (così chiamate da Collegno, parlando del trasporto degli erratici) cariche di massi di rocce di ogni dimensione e galleggianti in acque correnti, abbiano potuto evitare le gole, le tortuosità delle valli, e trasportarsi in mezzo a tanti ostacoli in luoghi molto distanti dal punto di loro partenza.

1272. E quello poi che verificasi nei fiumi deve aver luogo anche in mare; anzi convengo pienamente col ripetuto de la Beche, che « in quanto concerne la sola velocità dell' acqua,

la forza di trasporto sarà minore, tutte le altre cose eguali d'altronde, lungo i lidi del mare, di quello che contro le ripe di un fiume ». Macarte y Diaz aveva già detto: « In generale si osserva, che le correnti, le quali da 5 a 6 leghe o più dalla terra, seguono la direzione de' lidi *van perdiendo la fuerza de su impulso quanto mas próximo á la costa; de suerte que á la immediacion d' ésta, suele retroceder en sentido contrario* ». De Rossel dopo il Macarte ha avvertito che « tutte le parti delle correnti, che hanno luogo in pieno mare, non prendono lo stesso grado di velocità . . . *la vitesse va en diminuant, peu à peu, jusque près des bords* . . . Così C. Philippe de Kerhallet ha osservato, che la corrente della Gujana, *qui est une continuation du courant équatorial*, ha quattro miglia di velocità in un'ora *dans le lit du courant*, mentre che presso il lido *elle diminue graduellement à moins de* $\frac{1}{2}$ *mille à l'heure*. In fine ogni barcarolo sa, che tenendosi presso il lido, o presso un banco di sabbie, allorquando la corrente di marèa od altra è contraria, egli fa più cammino che tenendosi al largo.

1273. Il perché bisogna avere a calcolo quest'altra causa di diminuzione di forza nella corrente littorale, quindi di sua minor azione. Invece « *les vents*, dirò con Aimé, *agissent* come produttori di *mouvement de transport* nella massa liquida, *avec d'autant plus d'énergie que la mer est moins profonde sur une plus grande surface* »; e l' onda da cinquanta metri di profondità, sciolta dalla legge del moto ondulatorio da questo punto alla riva, franta, travolta ed arruffatta corre a guisa di torrente in piena istantanea, e peggio ancora, rovescia e trascina seco o, per lo meno, percuote con grande impeto quegli ostacoli che non cedono al suo sfrenato corso (383, 590 e 1141).

1274. Dunque, mentre l'azione escavatrice e di trasporto de' flutti è tanto più attiva quanto è meno profondo il mare, l'azione della corrente littorale ha tanto meno valentía, quanto più diminuisce il fondo di esso, e si accosta alla spiaggia.

1275. * La distanza del filone, o spirito, della ripetuta corrente littorale rapporto al lido è anche uno dei principali elementi da conoscersi per i presenti nostri studi, il cui precipuo scopo

è l' applicazione pratica che può farsene nei grandi e piccoli lavori marittimi.

1276. * « La corrente littorale, si legge nel Portolano del Marieni, si allarga più o meno dalle coste secondo la loro direzione : in alcuni siti, come al volger dei capi, alla distanza di sei miglia ella è appena sensibile ; e in alcuni altri , come dinanzi ai seni di molta curvatura ed ampiezza, generalmente parlando , le acque non sono forse ancora in istato di quiete né pure alla distanza di dieci miglia . . . I navigli veneti allorché viaggiano a seconda della corrente, venendo, a cagione di esempio, dalle parti di Levante alla volta della città , *per tirarne il massimo vantaggio procurano di tenersi circa tre miglia lontano dalle spiaggie.* »

1277. * Tanto nel lido veneto, quanto in quello anconitano, la ripetuta corrente si allontana alquanto, come suole, alle bocche dei fiumi, massimamente se sono gonfi, e se si gettano in mare con molto impeto ; facendola essi partecipare del loro corso; ed *una volta gittata al largo*, osserva il Paleocapa, *non ricade sulla spiaggia occidentale continua dell'Adriatico se non a notevole distanza.*

1278. * Secondo il Portolano che mi serve di guida, la corrente littorale *con facilità cambia di direzione ad ogni vento che spira contrario.* Quindi sarà facile persuadersi , senza che io citi degli esperimenti da me fatti in proposito, che col soffiar dei venti di terra, la stessa corrente sarà con tanta più facilità, se non cambiata di direzione, al certo allontanata dal lido. Che se per la stessa ragione dai venti del largo essa è avvicinata alla sponda, in questo caso vi è pure, e senza dubbio, il moto ondulatorio, quindi vi sono i miei flutticorrenti del fondo (1141) che, come sempre meglio vedremo in seguito, la dominano.

1279. * Cosicché noi non andremo lungi dal vero se riterremo per certo , che il filone della corrente littorali nei nostri lidi dell'Adriatico si trovi a tre miglia dalla riva, alla distanza cioè ove una lunga esperienza ha mostrato ai marini del golfo che si tragga il *massimo vantaggio*. A questa distanza adunque, nei tempi di calma , essa avrà la sua velocità massima, la quale , al dire del Montanari stesso , *appena tre miglia fra giorno e notte s'osserva potere scorrere*, ossia *appena tre miglia ogni ventiquattr'ore* ! !

1280. * In alcuni capi e in alcune punte, ho avvertito che la velocità e la distanza dal lido di questa corrente soffrono eccezioni (1264).

ARTICOLO QUINTO

FORZA NECESSARIA PER ISMUOVERE E TRASPORTARE I DETRITI ED INEFFICACIA DELLA CORRENTEMARÈA E DELLA LITTORALE CONSIDERATE IN SE STESSE

1281. Vediamo ora qual' è la forza necessaria ad una corrente per ismuovere è trasportare il fango, le arene ed i ciottoli. Sebbene la scienza non possieda peranche norme precise su cui valutare la velocità necessaria, affinché l'acqua possa vincere l'aderenza e trasportare le sabbie, le ghiaje, i ciottoli di maggiori o minori grossezze e di forme diverse, pure da alcune esperienze fatte in Francia, in Inghilterra e tra noi, si può approssimativamente ritenere che la velocità di metro 0,15 in un minuto secondo occorre per trasportare l'argilla tenera; di $0^m,305$ per la rena ordinaria, e di $0^m,975$ per i ciottoli del volume di un uovo di gallina. Ma fatti di natura più adatti al caso nostro ci mostrano, che velocità ben maggiori sono necessarie per vincere l'aderenza delle suddette materie deposte nel fondo acclive del mare, per sollevarle, o trascinarle, e formare o distruggere considerevoli depositi.

* Basterà qui rammentare che il Minard ha *reconnu au Hâvre et à Fécamp, en mesurant les vitesses du courant des chasses, qu'il n'enlevait le galet que quand il avait environ 2 mètres de vitesse.*

1282. E qui non sarà superfluo rammentare che il Montanari ed i seguaci suoi danno ai flutti l' incarico di vincere quell'aderenza e di sollevare dal fondo i materiali e lasciano alla corrente littorale l'ufficio del trasporto di essi: « che anzi riconoscono, dice il Paleocapa, che la lentezza di cotesta corrente le dà facoltà di mantenere sospese le sabbie soltanto per brevissimo tratto, dopo il quale precipitano: se non che l'azione delle onde marine, qualunque sia la direzione dei venti che le spingono contro la spiaggia, e la maggiore o la minore loro

forza, risollevando le sabbie le fa nuovamente investire dalla detta corrente, la quale, per lenta che sia, ha pur bastante forza di trasportarle da un punto all'altro della spiaggia sempre più in giù. »

1283. Ma se ci facciamo a considerare la tenuissima velocità della ripetuta corrente del Montanari (1263), la distanza del filone dal lido (1279) e tutte le cause che ne diminuiscono il valore disopra enumerate, io sono convinto che, tolta ai flutti l'azione di trasporto e data ad essi quella sola di smuovere e d' innalzare i corpi ostruttivi, la forza residuale della corrente di cui tratto non può seco convogliare, non dirò ciottoli e ghiaje, che pur vediamo trasportate ed a notevoli distanze lungo le rive, ma neppure sabbioni, sabbie ed arene, restando ad essa soltanto la belletta o al più l'argilla tenera, quai modesti materiali con cui essa può contribuire agl' interrimenti de' lidi e de' porti. Ed è forse per questo che Leonardo ci ha detto, « *le fortune di mare* gettano a riva una gran quantità di rena, la quale s' innalza per tutta essa riva. » * Quindi con non poca sorpresa ho letto che il professor Gherardi crede che la ripetuta corrente *è valevolissima a scernere, sollevare e trascinare il sabbione.*

1284. Meno pochissime eccezioni, senza le ripetute agitazioni del mare e senza moto di trasporto nei flutti, ben poco sensibili sarebbero gli effetti di aumento o di diminuzione de'lidi. Eccone ulteriori prove.

1285. L' esperienza ci fa sicuri, che le chiuse di spurgo o di cacciata (*écluses de chasse*) usate nei porti a marèa, hanno poco effetto sopra la sabbia, in un fondo di acqua maggiore di tre metri, anche quando lo scarico dell' acqua ha tre miglia l'ora di velocità alla superficie.

* A questo proposito ecco come si esprimeva Le Bourguignon Duperré: « *Ne voit-on pas dans certaines ports de la Manche, tels que Boulogne, Calais, Dunkerque, etc., le peu d'efficacité des chasses sur les amas de sables qui se trouvent à leur entrée? Ces chasses, malgré leur chute considérable, n' agissent que faiblement sur des points situés au niveau des basses mers, et se font à peine sentir sur les fonds placés plus bas.* »

1286. Lamblardie, padre, ha osservato che lungo il lido dell' alta Normandía il movimento della marèa, paragonato all' effetto del vento *sur les vagues, est presque insensible.* Egli ha più volte veduto in tempo calmo, *que le courant de la marée, ne donnait, le long de la côte, aucun mouvement ou galet.* Ed è noto che la velocità della correntemarèa in quel lido è di oltre due miglia l'ora.

1287. Monnier parlando di una corrente littorale di $1^{m},50$ per secondo, non crede che possa *vaincre l' adhérence des matières déposées au fond de la mer, puis les transporter au rivage et y former ces dépôts considérables qu' on remarque dans certains parages.*

1288. Reibell si è convinto che la *locomotion des corps immergés* può essere dovuta unicamente *aux vagues* . . . . e che le correnti del mare di 2 a 3 metri per secondo di velocità possano solo avervi parte, *mais sur une bien moindre échelle,* e solamente per le materie *d' un faible volume.*

1289. J. Washington, parlando del moto de'materiali nel lido di *Dover*, consistenti in minuta ghiaja (*shingle*), conferma « che sono spinti innanzi dall'azione delle onde soltanto: la corrente di marèa, anche nella sua massima forza (*even in its greatest strength*), non esercita influenza su di essi (56). » Quindi una corrente di oltre tre miglia l'ora non basta a smuovere o trasportare i minuti materiali che giacciono presso e lungo quel lido.

1290. Il de la Beche, che più d'ogni altro si è occupato di questo argomento sopra i lidi del mare, dopo aver esposti molti fatti che confermano il mio assunto, avverte « essere importante di ben penetrarsi di questi fatti, i quali provano che allorquando le correntimarèe passano sopra fondi di sabbia con velocità anche di due o tre miglia l'ora a qualche piede al disopra del fondo, il movimento dell' acqua non rimuove sensibilmente le sabbie. Il fatto, conclude il medesimo, il fatto della non alterazione de' fondi, su cui le marèe o le correnti passano con velocità considerevole, è ben noto ai marini, e, dubitandone, sembrerebbe che noi fossimo lungi dall' avere idee esatte sopra la velocità che deve avere l'acqua a diverse profondità per trascinare della melma, della sabbia e de'ciottoli. »

1291. * Se è vero, come è verissimo, che essa corrente con

facilità cambia di direzione *ad ogni vento che spiri contrario* (1278); se è vero, come è verissimo, che il filone di essa in calma di vento passa a tre miglia distante dalla riva (1279); e se è vero infine, come è verissimo, che i venti che soffiano da terra l' allontanano sempre più dal lido (1278); ne scende piano questo dilemma: o la corrente non agisce da per se sola, cioè non aiutata dal vento, nella sua naturale direzione, o se agisce, passa lontano dal lido, ossia molto più in fuori delle più colossali opere idrauliche che conosciamo. Quindi o essa non è punto attiva, ovvero la forza ed il tempo utile di suo speciale produttivo lavoro nella formazione del protendimento delle spiagge e dell'insabbiamento de' porti si riducono a tanto poco che, se mi fosse permesso di esternare interamente quello che io sento, direi pochissimo, e forse anche nulli.

1292. * Credo in ultimo registrare in questo articolo la durata della sospensione delle materie dal fondo del mare. Poste queste in moto dall'agitato mare, a poco a poco col ristabilirsi della calma, il flutto diminuisce, la sua azione scema, e giunge al punto nel quale essa non può più far muovere le materie pesanti. Allora si fa una scelta, una specie di riparto: le materie leggiere si separano e sono sparpagliate, come si è detto al num. 1221. Se la calma si ristabilisce, queste particelle tendono anch' esse a depositarsi discendendo verso il fondo con caduta più o meno rapida secondo il grado loro di tenuità; secondo l' altezza dell' acqua e la residuale potenza di traslazione, come ha registrato Leonardo. Se sono sabbie, per esempio, la durata della caduta di esse varia da qualche secondo a più ore.

1293. * Il Keller ha notato che la sabbia discende a poco a poco verso il fondo per il suo proprio peso, *à raison d' un décimètre par douze minutes, ou de dix-huit mêtres en six heures.*

ARTICOLO SESTO

PREVALENZA DEL FLUTTO POSTA A CONFRONTO CON LA CORRENTE LITTORALE COME CAUSA DEL TRASPORTO

Avvertimenti

1294. * Per maggior chiarezza, perché non nascano confusioni di nomi e quindi d' idee, credo far precedere a questo articolo alcuni avvertimenti.

* *a*) Principierò spiegando il vero valore dei tre venti, dominante, regnante e di traversía. Dominante chiamo quello che abitualmente giunge ad avere più forza di ogni altro in un dato littorale: regnante chiamo quello che nel corso del l'anno soffia più numero di giorni in confronto agli altri venti, e traversía quel vento che batte perpendicolarmente il lido. Quindi in ogni littorale non vi può essere che un solo vento dominante, uno regnante, ed uno di traversía; ma, per quest'ultimo, siccome i littorali non sono in natura una linea rigorosamente retta, ma sibbene in svariati modi serpeggiante, così ogni tratto di littorale che abbraccia una lina quasi uniforme, ha, a rigore di termine, uno speciale vento di traversía.

1295. * *b*) In ogni littorale, soltanto i flutti di questi tre venti regolano gl' interrimenti: il lavoro dei flutti degli altri venti, essendo inferiori di forza e di durata, è sempre distrutto dai primi; a meno che il lavoro degl' inferiori non sia nel verso favorevole ai superiori.

1296. * *c*) Zendrini, e dopo di lui Lambardie padre, ci hanno dimostrato che quando la direzione dei flutti è perpendicolare al lido, tutti i materiali mobili non hanno altro movimento che quello di ascendere e di discendere sul piano inclinato del lido stesso; e che il loro massimo moto di trasporto da un punto all' altro, lunghesso il lido, accade quando i flutti lo incidono in angolo di quarantacinque gradi.

1297. * *d*) Questa forza di trasporto, dice Mougel-Bey, *dépend de la direction des vents ainsi que de leur intensité*,

ed io aggiungerò che essa dipende più specialmente dalla direzione che i flutti sono obbligati a prendere in forza della forma e natura del fondo del lido subacqueo. Questa modificazione nella direzione nei flutti può aver effetto ben distante ancora dalla battigia ove essi muojono.

1298. * *e*) Rammenterò che qualunque sia la direzione primitiva imposta dal vento alle onde in alto mare, queste nell'incontrare colla base il fondo vi si modellano, e quindi tutti i flutti muoiono sempre parallelamente al lido o ad esso poco inclinati.

* Altrove ho accennato che i flutti si frangono tutto all' intorno di un golfo di spiaggia sottile, quantunque la direzione della propagazione di essi dovrebbe essere pressochè parallela ai lidi laterali, e solamente normale a quello del fondo del golfo (1145 e 1146). Eccone ora le prove di autorità e di ragionamento.

* Tommaso Stevenson dice così: « Vi sono in alcuni casi varî elementi che richiedono una speciale attenzione; spesso si scorge per esempio che le onde le quali si approssimano obliquamente alla spiaggia cambiano direzione presso di questa, per effetto di cangiamento di profondità, in modo da percuoterla in direzione presso che normale al lido. In tal modo i marosi dell'Oceano possono entrare in una baja che non è direttamente esposta ad essi. »

* A. Lieussou, ecco come spiega il fenomeno di cui si tratta; il quale ha avuto occasione di espressamente studiare nel littorale dell'Algeria. « *Les ondes se propageant en mer dans la direction des vents qui les ont formées affectent aux atterrages de la côte d'Algérie deux directions normales: l'O.N.O. et l'E.N.E. mais en approchant de la terre, elles halent peu à peu le N.N.O. et le N.N.E., par suite du retard qu'une moindre profondeur apporte à la propagation des parties de l'onde les plus voisines de la côte.*

* *Quelque soit le vent, elles se présentent donc à l'entrée des golfes et des baies, qui fait généralement face au N., à peu près normalement à cette entrée; mais, à mesure qu'elles s'y enfoncent, elles se trouvent retardées sur les bords par les moindres profondeurs qu'elles y rencontrent, et se courbent de*

plus en plus de manière à se modeler en quelque sorte sur les lignes de niveau du fond; elles tendent ainsi à s' étendre en éventail pour venir frapper presque normalement les rives Est et Ouest d'un même golfe, placées pourtant à des expositions directement opposées. Dans ce mouvement elles n'attaquent énergiquement que les saillies et les pointes qu' elles frappent obliquement; elles tendent ainsi à rétablir la régularité de la courbure des plages, que les saillies qui se forment à l'embouchure des rivières tendent de leur côté à altérer. En raison de la légère obliquité qu' elles conservent par rapport au gisement des rives Est et Ouest d' une baie, elles poussent vers le S. les sables mouvants qu'elles rencontrent sur l'une et l'autre rive; elles les accumulent ainsi, à la longue, dans la partie la plus profonde de la baie où ils s' atterrissent sous formes de plages et de dunes.

1299. * *f*) Anche più circolarmente della forma di un ventaglio i flutti si modellano, e molti fatti personali me lo provano, ma ne citerò uno soltanto.

* Nell' estate del 1856 io era a studiare l' ultimo tronco del Serchio e la sua foce, onde proporre una miglior sistemazione dell' uno e dell' altra; incarico favoritomi dall' eccellenza del duca Salviati proprietario di un vasto tenimento lungo quel fiume e quel littorale. Agli studi di obbligo io univa anche quelli di piacere, ed un giorno di maretta e di vento foraneo, l' una e l' altro proprî di quella bella stagione, io mi gettai a nuoto per verificare qualche fenomeno del moto ondoso citati dall' Emy e dal Bremontier. Essendomi inoltrato in mare più dell'usato, nel tornare a terra sentiva il bisogno di riposarmi, quindi approfittai di un' isoletta di arena creatasi alquanto in distanza della riva. La sommità dell' isoletta era appena sommersa nell' acque e poco dopo che io vi giaceva, essendo le acque calanti, restò scoperta per uno spazio circolare del diametro circa della mia altezza. Seduto su quella sommità e volto colla faccia alla terra vedeva che de' flutti venivano a morire ai miei piedi mentre sentiva dagli altri lambirmi la schiena. Da prima credetti fossero di risacca quelli che venivano da terra, ma vedendo calmo il mare a sottovento, dell'isoletta, cioè dalla riva verso di me, mi girai più volte all'intorno

e mi spostai dalla sommità di essa isoletta, ed osservato il fenomeno con attenzione, tenendo d'occhio le onde che venivano dal largo, dovetti convincermi che erano desse istesse, le quali urtando il fondo incontravano nella base loro una resistenza che l'obbligava a piegarsi ed a sottigliarsi gradatamente, giungendo così, a ridosso dell' isoletta, ad essere in direzione opposta a quella che avevano prima d'incontrare il detto ostacolo. Ogni piccolo flutto che frangevasi intorno alla detta isoletta lasciava un sottilissimo strato della fina arena di cui era intorbidata l'acqua; deposito ben noto a coloro che si sono occupati del fenomeno della formazione dei banchi e delle spiagge.

* « Così, nel chiudere questo titolo, dirò con il Cervati, così tutto giorno sotto il nostro sguardo un tal fenomeno del mare si ravvisa, *torcendo i flutti* destati dall' istesso vento *in direzioni diverse, accomodandosi alla postura e varietà del lido e del fondo.*

1300. * *g*) Dirò poi con de Beaumont « *que le mouvement des vagues* non è che *en apparence capricieux,* » ossia la natura di esso moto è pieghevole, insinuante, fratellevole sopra le spiagge, e più di sovente geometricamente vi lavora (802).

1301. * *h*) Sarà bene di avvertire inoltre quanto fa osservare il de la Beche: « Poiché i venti che procedono dal mare producono onde, la cui forza di trasporto aumenta a misura che esse si accostano alla terra, e poiché i venti di terra non producono onde di qualche considerazione che ad una certa distanza dalla costa, al tempo stesso che il mare rimane tranquillo presso alla spiaggia; *da ciò conseguita che la somma generale de' moti lungo le coste tende ad aumentare i detriti sulle coste medesime.* »

1302. * *i*) Questo fatto è notabile ancora in quei littorali ove i venti di terra sono dominanti e regnanti. Per esempio nel golfo di Lione, ove *les vents sont plus puissants pour refouler à la mer les sables qu'elle avait rejetés pendant la tempête... Il ne faut pas oublier, cependant, que les apports de la mer étant, en somme, supérieurs aux restitutions qu' elle reçoit, l' effet d'augmentation sur la plage, considéré dans toute son étendue, doit en définitive l'emporter,* siccome Régy ha verificato.

1303. * *j*) Sarà bene rammentare pure che il moto

ondoso è quasi in permanente lavoro presso un lido (819). « La calma più o meno perfetta, osserva Bremontier, *mais qui n' est jamais absolu, ne peut se trouver sans doute que dans les baies et les parties de la mer les mieux abritées, ou dans ses abîmes plus profonds.* »

1304. * *k*) In fine noterò che tutti questi fenomeni sono comuni a tutti i mari, grandi o piccoli che siano: su di che non vi ha dubio alcuno, ed i molti anni di osservazione nei lidi del vecchio e del nuovo mondo me ne hanno convinto. In qualunque spiaggia o porto che sia, esposta al mare, sempre causa principale degli interrimenti è il moto ondoso e non la corrente littorale od altra che non abbia origine da quel moto; la quale legge perciò dee verificarsi in tutti i mari del globo. Solo nel più o nel meno può stare la differenza, giacché questa è dipendente dalla quantità dei materiali movibili che l' adiacente ed attenente subacqueo lido e il lido istesso somministrar possa, qualunque sia la provenienza loro, e dalla estensione e profondità del mare dicontro esso lido o porto. Ma il maggiore o minor prodotto non inferma punto la legge.

* « Imperocchè tutto è regolare nell' andamento delle leggi fisiche, dirò col di Luca; né esiste anomalía, che quando si guardano taluni fatti senza il corredo di tutte le circostanze dalle quali sono accompagnati. » « Ed anche pel grande e pel piccolo, aggiungerò col Secchi, le leggi della natura sono identiche. » Che se l' autorità del principio non bastasse, potrei riportare, per quelli che volessero ancora che i moti ondulatori agiscano con diverse leggi secondo i diversi mari, e che le correnti, sieno pur quelle di marèe sempre più veloci e più prossime ai lidi di quelle littorali propriamente dette, abbiano una grand' influenza sull' ordinamento dei lidi, potrei riportar, dicevo, le citazioni in proposito fatte da Elia de Beaumont, il quale accoppiando ad una vasta erudizione storica una profonda cognizione delle scienze naturali, può sempre più confermare il mio assunto. Per esempio se dicessi col citato Beaumont:

* « *Les marées ne sont pas aussi nécessaires pour la production des levées de sable ou de galet que pour celle des*

dunes. L' absence de marées sensibles dans certaines mers est même cause que ces levées et les lagunes qu' elles protègent se dessinent avec une nettèté particulière. Sur les côtes de la mer Baltique il y a plusieurs exemples très-remarquables de ce genre de phénomène.

* « *L' analogie des plages du Languedoc avec les Nehrungen de la Baltique a frappé plusieurs auteurs, et particulièrement M. de Hoff.*

* « *Les côtes des mers intérieures et des grands lacs offrent des phénomènes analogues.*

* « *Enfin, les côtes de la Floride occidentale en présentent une longue série* (di lagune), *qui s' étend jusqu' à la baie d' Apalache ! Ces lagunes rappellent complétement, par leurs formes, celles de Venise, les étangs du Languedoc, etc.*»; sarà duopo sull' appoggio di questa e di altre autorità, che per esser breve si tacciono, convenire sull' utilità che si può ricavare dalla raccolta degli esempi dei fenomeni dei moti dell'Oceano per spiegare gli stessi fenomeni nei mari mediterranei, e viceversa.

* « *S'il n'existait ni flux ni reflux*, aggiungerò con Lambardie, padre, *les vagues donneraient au galet et en général au talus des corps mobiles qui forment le rivage de la mer, une courbure peu différente de celle que l' on vient d' indiquer* (cioè una cicloide). » Ed egli ne trova la ragione, nel vedere che, « *le long de la côte*, il movimento di velocità della marèa, confrontato all' effetto del vento sopra i flutti, *est presque insensible.*» Dunque, tanto nell'Oceano, quanto in ogni altro mare si può abbattere il sistema del Montanari; e specialmente nell'Adriatico, dirò di più, abbenché sia il mare ove fu architettato.

1305. * Ciò premesso, entro in argomento intorno al merito del titolo di questo articolo; ma comincio da un breve esame sugli effetti prodotti dai flutti e dalla corrente littorale presso le lunghe rive del vasto Oceano.

1306. Ove si ponga mente alla già citata carta del Maury (849), disvelando essa dalle coste agli abissi l' andamento del letto dell' Oceano, ed abbracciando dell' Atlantico la parte più mossa dalle correnti, cioè dalla latitudine 55° Nord a quella 10° Sud, e dalla costa occidentale dell' Africa a quella orientale delle due Americhe, chiaro si vede che le più costanti,

regolari e vive correnti del nostro globo non lasciano traccia della loro azione nel fondo su cui passano. E quante volte se ne chiedesse la ragione; essa trovasi in Leonardo: « *L'acqua che corre sopra gran fondo, s' ella non v' entra con colpo non va in fondo, onde quella del fondo fa poco mutazione* »; e niuna ne farà, in ogni caso, oltre un certo limite.

1307. Ma veniamo a profondità molto minori. Quella vasta corrente equatoriale proveniente dalla costa occidentale dell'Affrica che, giunta nel canale formato dall' isola di Fernando de Noronha e dalla costa del Brasile, è animata di 2 a 3 miglia l'ora di velocità, e che ivi obbliga i bastimenti che vi cadono a ritornare nell' emisfero boreale per rimontare all'Est e proseguire il loro viaggio al Sud; cotale corrente, dico, non presenta sul fondo di quel canale norma di sé. Dal capo s. Rocco dirigendosi essa sulle coste della Gujana, nel mar delle Antille allaccia il ramo passato al Nord della suddetta isola e tra quel vasto arcipelago, e per il golfo del Messico sbocca dallo stretto della Florida con una velocità di 5 a 6 miglia l' ora e con il celebre nome di *Gulf-stream*, vasto fiume pelagico di acqua limpidissima: non pertanto in tutto questo veloce e lungo corso verun punto del fondo indica il suo passaggio. Quei lidi e quei fondi hanno il carattere delle nostre spiagge prive di correnti; in quelli come in queste gli stessi sistemi di cordoni littorali, gli stessi lavori propri del giuoco delle onde; ed il golfo messicano presenta un vasto territorio in colmata, e non in corrosione ed in iscavamento.

1308.* La causa fisica di questa mia osservazione trovo spiegata da A. de Humboldt: « La costa del Messico lungo il golfo di questo nome, può essere considerata come una diga contro la quale i venti alisei ed il movimento perpetuo delle acque dall'Est all'Ovest, *jettent les sables que l'Océan agité tient suspendus* » (e trasporta). Questa seconda facoltà mi prendo la libertà di aggiungerla io, mentre egli poi conclude: *Des faits géologiques très-frappans, prouvent cet accroissement du continent; partout on voit l'Océan se retirer.*

* Nello scorso anno il Kohl ci confermava questa verità, che è una prova di più di quello che in sostanza ci aveva detto il Tadini contro l'asserto del Kant (93).

1309. Se ci avveciniamo più a noi, i fatti raccolti e le argomentazioni dettate dal de la Beche su questo proposito mi fan conoscere, che i paraggi dell' Inghilterra e del Nord della Francia sono posti in circostanze le più favorevoli alla escavazione di valli nel fondo del mare, dall' azione delle marèe e delle correnti littorali, quante volte però questa azione fosse mai capace di produrre tali effetti; giacché la profondità dell'acqua essendo poca anche nel mezzo del Canale, quel fondo si trova esposto a tutta l'influenza delle correnti e delle marèe, la cui naturale energìa, dev' essere pur anche aumentata dalla velocità che esse acquistano per gli ostacoli delle coste e de'banchi di sabbia. Nulladimeno in cotesti paraggi verun sistema si scorge di valli o di colli, corrispondenti a quelli del suolo ove noi abitiamo, ma invece puossi considerare quel fondo come un piano. Quindi mi si manifesta in esso più l' azione pressoché *livellatrice* de' moti ondulatorî, che quella *escavatrice* a canale di costante e vegeta corrente.

1310. Io ritengo adunque che bene a ragione il Deluc accenni, il Tadini dimostri e A. d' Orbigny confermi con le qui appresso parole, che *on a beaucoup exagéré l' importance des courants dans le causes géologiques* (ed anche, soggiungerò io, riguardo alle opere idrauliche) *en leur attribuant des effets qu'ils n'ont pas, et qu' ils ne peuvent avoir.*

1311. Venendo a siti più determinati e più presso i lidi, sempre nell' Oceano, trovo che Al. d'Orbigny racconta: « La costa di Valparaiso (Chilì), *nous a offert un exemple curieux de l' effet sous-marin des vents.* Il porto è formato dal capo *Coromillera*, che lo garantisce dai venti e dalle correnti regnanti dalla parte del Sud. Quando soffia questo vento, la rada di Valparaiso è tranquilla; il suo fondo, di ragguardevole quantità di acqua, è formato di tenui sedimenti, e le acque sono pure e limpide. Allorquando, verso il mese di marzo, in quasi tutti gli anni, il vento gira all' ovest o al nord-ovest, il porto non è più difeso; *la houle devient plus forte, remue le fond sur le mouillage,* l' acqua si carica di particelle terrose in movimento, le quali non si depongono che quando il ritorno del vento verso il Sud riconduce la tranquillità. »

1312. Eugenio Robert, completando gli studî di altri osservatori sullà notabile tendenza che hanno i fiumi dell' alta Normandía di volgere i loro sbocchi verso il N.E., si è convinto che ciò si debba *à une seule cause*, cioè, *à l' action predominante des vents qui soufflent de la partie O.N.O. du compas, action telle, que les galets qui ont passé du côté O. de la jetée au côté E., ne retournent jamais â leur point de départ.*

1313. * Il de la Beche ha osservato che tra *Seaton* ed il fiume *Axe* nel *Devonshire* i venti dominanti essendo dall'Ovest al Sudovest, le ghiaje sono trasportate dall'Ovest verso l' Est.

1314. * Registra de Saint-Amans, ed Emy lo ripete, che « gli abitanti del littorale delle lande di Guascogna, dicono che è *une lame de fond qui amène les sables de leurs dunes; ils voient effectivement cette lame d' eau chargée de sable sortir du fond de la mer au-dessous de l' enroulement écumeux qui va s' echouer sur la plage.* » Quindi quel popolo, non solo dà prevalenza ai flutti, ma li riconosce come l'unico veicolo dell'immenso deposito sabbioso del loro paese. Eppure ivi la corrente littorale corre *avec une vitesse qui va jusqu' à 4 noeuds* all'ora, come ha verificato P. Monnier.

1315. * Givry si è convinto, e dà per cosa certa, *que la percussion des grosses lames* sollevate dai venti dall' Ovest al Nord, *qui sont très-fréquentes, pousse continuellement le galet vers le Sud*, lungo la riva, e le trasportano sino alla *pointe du Hoc* (Baja della Senna).

1316. * « Da *Portland* a *Dover*, nota il Chevallier, la costa corre presso a poco dall' Ovest all' Est. *Les lames soulevées par les vents dominants de l'ouest au sud, qui viennent frapper la côte obliquement, impriment au galet des mouvements en zigzag qui le font avancer vers l' est.*

* « Questo effetto è visibile dicontro tutti i pennelli o guardiani (*épis*), i quali sono generalmente *engorgés à l' O. et dégarnis à l' E:* esso è visibile ancora in tutte le foci dei fiumi, *qui ont été successivement repoussées vers l' est, à Littlehampton, à Shoreham, à Newhaven, à Rye.*

1317. * « In quanto all'effetto delle alluvioni contro i porti, *tous ont leur entrée obstruée ou menacée à l' Ouest, par le*

galet qu' on a essayé d' arrêter avec des jetées ou des épis successivamente prolungate, e contro il quale si è procurato di lottare, *soit par les chasses naturelles ou artificielles, soit par les dragages et les enlèvements de galets pour le lestage.*

* « *Ce sont les mêmes moyens qu' en France ; ils ont été appliqués avec le mêmes difficultés.* »

1318. * Questi effetti si manifestano in cotesti luoghi quantunque ivi, più che altrove, la marèa sia potente. Inoltre, osserverò con il Plocq, « le correnti dovute alla trasmissione delle marèe subiscono l' influenza dei venti, *de telle sorte .que les coups de vent d' aval soutiennent et prolongent quelquefois le flot au point d' anéantir même complétement le courant de jusant, et l' on sait que les vents d' aval sont les vents dominants..... C' est en effet un résultat bien connu et auquel on a depuis longtemps donné le nom très-expressif de* gain de flot *dans le parages de la Manche, du Pas-de-Calais et de l' entrée de la mer du Nord.* » Fenomeno ripetutamente già altrove registrato in questo libro, ed in modo speciale nell' articolo quarto del secondo capitolo.

1319. * Né fa d' uopo che il vento sia furioso per rendere l'indicato fenomeno sensibile. « Per esempio, dice il Keller, tutti sanno che i venti alisei imprimono all' acqua una velocità di dieci miglia in ventiquattrore, o di 0, 4 di miglio l'ora. *Un vent de même force soufflant dans le sens du flot retardera donc l' étale de ce courant jusqu' à l' instant où le jusant aurait atteint, sans la presence du vent, une vitesse inverse de* 0, 4. *De morte eau, l' étale pourra ainsi être retardée de près d' une heure.* »

1320. * Come nell'Oceano, così nel Mediterraneo, si vede confermato il fenomeno, di cui tratto, dipendente sempre dall' azione del moto ondulatorio.

Minard ha registrato che nel golfo della *Napoule*, ove è situato il porto di *Cannes*, con venti da *ouest. au sud-ouest*, le sabbie del lido all'Ovest di *Cannes* si avanzano verso il porto : questo cammino ha luogo *contre le courant litoral de la Méditerranée allant de l'est à l'ouest* (1261).

1321. Se la troppo celebrata corrente littorale avesse azione immediata o anche mediata, ma prevalente sul fondo del

mare, presso i lidi dovremmo vedere nel letto delle spiagge sottili l'impronta di lei: esso essendo di arena, ed in molti luoghi finissima, dovrebbe essere lavorato e conformato nel verso della direzione della corrente, cioè parallelamente al lido; ma in vece vediamo il detto fondo ondulato nella direzione, in generale, perpendicolare a quella de' flutti che han regnato. Verificasi dunque nel fondo del mare quanto similmente osservasi alla superficie delle lande arenose e delle dune; in queste le arene ondulate non lasciano dubbio alcuno essere il risultato di un movimento percussivo e progressivo impresso in esse dal vento che sopra ogni altro ha regnato, e si dispongono normali ad esso; quindi quello come queste sono l'effetto della stessa primitiva causa.

1322. Un altro fatto, che vale sempre più a mostrare quale possa essere l'azione del moto littorale nello smuovere e trasportare le arene, è l'effetto prodotto in que' guardiani posti a difesa della bocca de' porti e a qualche distanza da essi. Se ci facciamo ad osservare questi ripari lungo il littorale nell'Adriatico, da Venezia ad Ancona, ove la direzione della corrente è opposta a quella de' venti regnanti, vedremo che i materiali, le arene, sabbie, ghiaje o ciottoli che siano, si trovano accollati ed ammassati dalla parte destra de' guardiani, cioè da quella parte da ove si distendono i *sciroccali*, venti regnanti in quel lido: mentre dalla sinistra, da cui viene la corrente littorale, non si scorge cotanto sensibile accumulamento di essi, per minuti che siano. Invece se volgiamo lo stesso studio a quei ripari artefatti o naturali lungo il littorale, ma dal lato del Tirreno, vedremo che i materiali, sono rattenuti dalla sinistra dell'ostacolo: perché i venti meridionali che sono regnanti in questo lido, scendono da manca a destra, unendo così la loro azione a quella della corrente littorale.

1323. * E siccome la presente nostra questione, cioè lo studio della causa precipua degli effetti prodotti dai moti del mare, ha per soggetto specialmente quanto si riferisce all' applicazione pratica che può farsene nei lavori marittimi (1238); così credo pregio dell'opera fermarmi ancora sopra fatti che, per essere identici in tutta l'estensione del littorale in esame, confermeranno la spiegazione da me data in altra scrittura per la diga di

Malamocco e per quella di Ancona, e serviranno a sicura norma per antiveder gli effetti da ottenersi da altre opere idrauliche nelle future costruzioni di porti.

1324. * Facciamo una supposizione; ammettiamo che si frapponga un terzo nella nostra disputa, il quale non sia preoccupato da veruna dottrina sugl' insabbiamenti e dica: Si costruiscano dei guardiani, degli speroni, dei manufatti in fine solidi a forma di moli che dalla riva s' inoltrino in mare come se servir dovessero di bracci ad un porto, e ciò si eseguisca tanto lungo il lido veneto quanto in quello anconitano, e dopo qualche tempo andremo a vedere da qual dei due lati di detti ostacoli o manufatti l' insabbiamento si manifesti più esteso e pronunciato, e così sapremo quale è la vera causa, se non unica certo principale, che avrà prodotto quell' effetto.

* Alla qual proposta un Montanarista ed io risponderemmo: I manufatti indicati esistono già nei due lidi e ve ne sono in gran numero di recente e di antica data, sia come semplici speroni o guardiani, sia come armature di foci per porticanali: Tanto meglio, soggiungerebbe il terzo, che per comodo chiameremo l' Imparziale; senza frapporre tempo andiamo per la via di terra su i luoghi ed esaminiamo.

1325. * Cominciando dal lido veneto si osserva che tutti gli speroni o guardiani ivi costruiti dagli antichi e dai presenti hanno dal lato sinistro, che si estende anche all' aderente spiaggia, un accumulamento di materiali sensibilmente maggiore che nell'altro lato. Il Montanarista dice: Questo fatto si spiega bene con la corrente littorale come veicolo che cammina da sinistra a destra. È vero, rispondo io, ma si spiega pure, ed a parer mio anche meglio, con i moti ondosi che operano da quella stessa parte.

1326.* Di fatti è certo che il vento dominante nel mare Adriatico è la Bora, come il regnante è lo Scirocco. Le onde di questo vento, traversìa di quel lido, battendo in linee paralelle il lido veneto, i flutti di esso non possono produrre che uguale accumulamento di materiali dai due lati di quei guardiani piantati perpendicolarmente a quel lido o poco da esso divergenti. La Bora invece soffiando da sinistra di detti guardiani e le onde di essa, e meglio ancora quelle delle *levantare*, che sono al

dire del Paleocapa *assai frequenti*, incontrando la subacquea sponda del lido in un angolo all' incirca di 45 gradi, hanno azione massima per *zappare il lido ed asportare le sabbie*, come ha dimostrato lo Zendrini (120). Con questi venti la corrente sarà rinvigorita, e prenderà parte con i flutti nel trasporto dei materiali, ma sempre subordinatamente. Cosicchè con l' azione di questi moti ondosi resta spiegata la precipua causa di un tal fenomeno.

1327. * Se non che, osserva l'Imparziale, non sarà men vero che essa causa potrebbe essere ben anche la sola corrente littorale o aiutata, se volete, dai venti di sinistra, e però questo fatto può lasciar la questione indecisa, e favorire ugualmente ambo le parti. Passiamo ora dal lido veneto su quello che mette capo ad Ancona.

1328. * Nell' esaminare i guardiani e gli speroni di questo lido si vede che l' accumulamento dei materiali è maggiore dal lato destro di questi ostacoli, cioè dal lato opposto a quello verificato nei guardiani veneti; e questo è un fatto nitido e notorio come il primo. Eppure, dico io alla mia volta, eppure la corrente littorale continua nel lido da Venezia ad Ancona con la stessa direzione e velocità che ha nel veneto; dunque se essa corrente fosse il vero prevalente veicolo di trasporto, l' accumulamento maggiore dei materiali dovrebbe essere dalla sinistra di questi ostacoli, come lo è in quelli del veneto.

1329.* Lungo il lido, che ora esaminiamo, la Bora è vento dominante e traversìa, dunque i flutti di esso scendendo perpendicolari al lido, non possono che produrre eguali insabbiamenti dai due lati dei guardiani che sono normali al medesimo. I regnanti sciroccali invece soffiano da destra a sinistra di questi speroni; dunque l' accumulamento maggiore di sabbie ed altri materiali molto più pesanti deve essere, ed è di fatti, alla destra dei ripetuti ostacoli; quantunque la corrente littorale quivi, come nel veneto, abbia direzione da sinistra a destra.

1330. * A tale osservazione il Montanarista, sotto l'egida del Paleocapa, risponderebbe: *Questi speroni o palafitte cacciando sempre la corrente più al largo e facendo che non possa ricadere verso la costa se non a notevole distanza, avviene che, fra questo punto di ricaduta e la palafitta, non agiscono più*

che i venti e le traversie, le quali, benché interrottamente e per brevi periodi, separati talvolta da lunghi intervalli, vanno accumulando alla destra le sabbie che non possono essere più portate via dalla corrente littorale.

1331. * A questa risposta l'Imparziale, dopo aver premesso tutti i riguardi che merita l' osservazione di una autorità che emana dal Paleocapa, non può tenersi dal dire al Montanarista: Ma se il moto ondoso, agisca pur a *lunghi intervalli e con brevi periodi* come ella dice, è causa che si formi un accumulamento o dosso maggiore da una parte piuttosto che dall'altra negli speroni o palafitte di questo lido, da quella parte cioè dove esso è regnante, perché non può accader lo stesso in quello veneto, ove il detto moto è dominante? Così, se nel veneto la corrente fosse la causa precipua del dosso maggiore alla sinistra dell' ostacolo, perché la stessa corrente, la quale è identica *sotto tutti i rapporti* tanto nell'uno quanto nell' altro lido, non produce in questo lo stesso lavoro dalla stessa parte degli ostacoli, cioè dalla sinistra? Ciò che ella adduce in proposito non mi par persuadente. Ed in vero, se per ispiegare il fatto nel lido anconitano ella si trova costretto di ricorrere al moto ondoso, perché il Cialdi non potrà servirsi dello stesso moto per ispiegare il fatto medesimo nel lido veneto? In una parola, se nel veneto non vi fosse corrente, il dosso avrebbe egualmente luogo dalla parte del dominante moto ondoso, cioè dalla sinistra, come ha luogo nell'anconitano dal lato del regnante moto ondulatorio, cioè dalla destra, ossia in direzione anche opposta alla stessa corrente; il che conferma che la corrente cessa anche affatto di agire e che i flutti trasportano materiali e formano rilevanti insabbiamenti contro la direzione della corrente medesima.

1332. * Con la corrente littorale adunque ella non può spiegare il fenomeno in ambo i lidi, mentre il Cialdi con il moto ondoso lo spiega su tutti i punti con ineccezionabile evidenza.

1333. * Ciò detto l'Imparziale si ritira, e restano il Montanarista ed il lettore a riflettere sul giudizio di lui. Intanto io continuerò la mia via, raccogliendo ulteriori fatti onde sempre più dimostrare l'esattezza di questo giudizio.

1334. * Nelle antecedenti mie scritture ove in genere o

in ispecie ho dovuto parlare dei piccolissimi effetti della tanto temuta corrente littorale, e specialmente nella prima edizione di questo stesso mio scritto, io diceva: Nell'Adriatico il porto d' Ancona aperto alla corrente littorale, ma difeso dai venti regnanti e dominanti di quel paraggio dal capo di monte Conero e dalla costa che si prolunga presso ed a destra del molo, si è mantenuto anche a traverso i lunghi secoli di barbarie; invece nel Tirreno quello vastissimo di Anzio non coperto da verun prossimo capo, ed aperto ai venti infesti di questo mare, cioè di sinistra, ebbe breve durata utile ed è giunto a noi ricolmo di arena. L' altro di Civitavecchia, a ridosso del vicino capo Linaro, riparato in gran parte dai detti venti, si è sempre conservato alla navigazione: e così il porto vecchio di Livorno difeso interamente dagli stessi venti, dalla buona disposizione data al suo molo, si è mantenuto quale era ai tempi de'primi Medici suoi fondatori. Ed oggi aggiungo, che « il porto di Manfredonia si riempie con *les sables apportés par la mer dans les coups de vents de S.E. mais non par l' effet du courant* littorale, come giustamente osserva le Gras » ; perché le terre del capo Gargano se lo cuoprono dalla corrente littorale, non lo cuoprono dai venti infesti. Quindi quello di Ancona, aperto alla corrente ma chiuso ai venti infesti, si conserva; questo di Manfredonia, riparato dalla corrente ma non dai venti, si colma.

1335. * Lo stesso argomento della notabile conservazione del porto di Ancona è stato pur trattato e sostenuto dal Brighenti in una recente sua Scrittura.

1336. * Di fronte al porto di Ancona, dalla parte di ponente sorge una scogliera che dal lazzaretto si avanza a somiglianza della diga di Malamocco, prolungandosi per circa 420 passi (700 metri circa), verso Maestro $^1/_4$ Tramontana, ed è pennello, guardiano, ostacolo infine che dal lido s'inoltra verso l'alto mare.

1337. * Tanto la diga di Malamocco quanto la scogliera di Ancona sono egualmente in direzione normale a quella della corrente littorale, che come abbiamo veduto gira da sinistra a destra: ma quella di Malamocco traversa la direzione generale del vento dominante, come qualunque dei guardiani del lido

veneto, dei quali ho parlato, e in vece quella di Ancona è coperta dal detto vento ed anche da quello regnante.

1338. * Così essendo, esaminiamo gl'insabbiamenti nell'uno e nell'altro riparo, cominciando dalla diga di Malamocco.

* Nove anni or sono il Paleocapa, benemerito autore di quella grande ed utile opera idraulica, ci avvertiva già che in detta diga si era manifestato un accumulamento di sabbie prodottosi a sinistra nell'angolo formato dalla lunghezza della diga stessa colla spiaggia, ove si erano già accumulate in gran copia, di modo che una notevole parte di essa diga era fin da quel tempo *tutta sepolta dentr' esse anche dove eravi profondità di cinque, sei, e fin nove metri.*

1339. * Più volte ed in tempi diversi ho io visitato questa magnifica opera, ed il primo decembre 1857 ebbi la fortuna di esservi accompagnato, con espresso scopo di esaminare il lavoro e tutti gli effetti da esso prodotti, dal ch. sig. Tommaso Coronini ispettore idraulico presso la Direzione delle pubbliche costruzioni del veneto, e non poca istruzione ricavai dalla erudita descrizione favoritami sul luogo da lui; per il che me gli professai e me gli professo gratissimo. Era meco pur anche l'ingegnere Filippo Guidi, giovane di belle speranze, incaricato di visitare le zecche delle principali città di Europa ad oggetto d'introdurre de' miglioramenti in quella pontificia, il quale mi era già stato utile compagno nei miei studî alla foce del Serchio.

1340. * Relativamente alla questione che mi occupa trovo registrato negli appunti di quel giorno, quanto già il Paleocapa aveva detto, e più, che dalla stessa parte sinistra di essa diga, dalla radice verso l'alto mare, per la lunghezza di circa 700 metri, il fondo si è diminuito, cioè sensibilmente aumentato il dosso dal Paleocapa avvertito nel 1856.

1341. * Passiamo alla diga di Ancona. Questa come ognun sa, fu gettata una quarantina di anni prima di quella di Malamocco; cosicché all'epoca a cui io riferiva la mia nota sulla conservazione del porto di Ancona, essa non esisteva ancora.

* Se la corrente littorale fosse non dirò l' unica, ma la principale causa del vasto insabbiamento che si verifica nella diga di Malamocco, noi ne dovremmo vedere uno almeno eguale

se non maggiore, nella diga di Ancona; perché molto maggiore è il tempo decorso dalla costruzione di questa, e perché presso il capo di Ancona, come osserva il Paleocapa, e come avviene in ogni altro Capo con fondo a picco (1264), la corrente è molto più vegeta che nel lido veneto.

1342. * Tuttavía il su indicato dosso o insabbiamento della veneta diga non si trova in quella anconitana. Anzi, la riva aderente a questa diga, essendo in corrosione piuttosto che in colmata, si è dovuta guarnire di scogli per difendere la strada corriera che vi passa sopra.

1343. * Con ciò non intendo mica di escludere ogni qualunque influenza della corrente sulle melme e bellette che sono nel porto di Ancona, e però altrove io scriveva: Per gli amatori della teoría del Montanari mi par di aver detto molto quando ho consigliato a *non trascurare* anzi *ad avere a calcolo* l'innocente nostra corrente littorale.

1344. * Ancora un occhiata all'essenza di questa corrente persuaderà i più increduli della facilità con cui accader debbono i sopra indicati fenomeni. Nel Portolano del Marieni si legge, che « la corrente littorale *con facilità cambia direzione ad ogni vento che spiri contrario* (1265); e quando i venti sono gagliardi, particolarmente allorché vanno mancando dopo aver soffiato per due o tre giorni, producono in tal caso o *una corrente contraria alla generale*, ovvero ne crescono la forza », secondo che i venti sieno in direzione ad essa contrarî o favorevoli.

1345. * « Nel lido veneto la ripetuta corrente, ci dice lo stesso Marieni, è sensibilissima, quando la incalzano i venti che spirano a seconda, cioè da Greco a Libeccio: *i venti contrari la spingono invece, contro la sua naturale direzione da Libeccio a Greco* »; e questi venti contrari, che i veneziani chiamano anche *Furiani*, come registra lo Stratico, cioè da Libeccio a Mezzogiorno-libeccio, ci ricorda il Paleocapa che *talvolta insistono per mesi intieri.*

1346. * « Nel lido anconitano *in tempo di bonaccia*, avverte il ripetuto Marieni, procede innanzi radendo la spiaggia da Maestro a Scirocco, ed allontanandosene ..... Circa *le irregolarità e le alterazioni* prodotte dal flusso e dal riflusso, e *dai venti*, *non potremmo che ripetere il già detto nelle sezioni*

precedenti »; cioè sarà aumentata di forza quando spirano i maestrali, sarà annullata od obbligata a retrocedere quando soffiano gli sciroccali con più o meno forza ed insistenza, sarà allontanata dal lido dai furiani, e viceversa dai venti opposti cacciata verso terra.

1347. * Ma se si sostenesse che la velocità della corrente littorale non può cessare ad una certa profondità sotto la superficie del mare, anche quando è fortemente contrastata dai venti contrarî, come avviene che un fiume non cessi di scaricarsi in mare, per quanto grande sia la violenza del vento che soffia contrario al suo sbocco? Io risponderei che non credo esatto il paragone: un fiume ha la sua pendenza; ha l' alveo racchiuso e solido: e in vece la corrente littorale non ha bisogno di pendenza (1086), e non ha altre pareti che instabili e fluide. Ma sia pur giusta la comparazione, a me basta solo rammentare che se soffia vento capace di far retrocedere alla superficie la corrente littorale in direzione opposta alla naturale, o soltanto annullarla, il mare sarà ondulato; e siccome le onde producono il mio fluttocorrente del fondo (1139) o le *lame di fondo* del Paleocapa, così la ideata corrente sottomarina, se sussistesse, dovrebbe come alla superficie, retrocedere o annullarsi nel fondo per obbedire alla *potente azione* (1220) del sopravvenuto fenomeno.

1348. * Abbiamo già veduto che nell'Adriatico le onde si frangono sino in trenta metri di profondità di acqua (590); ma affinché il lettore convenga che di frequente vedesi ripetere questo fenomeno in fondo di arena, di che quasi esclusivamente sono costituiti i lidi dei quali qui tratto, limiterò il punto d'infrangimento a dieci metri di acqua soltanto. Presi ad esame, per esempio, gli scandagli del lungo littorale al nord di Ancona, vedremo che la profondità di dieci metri si trova ragguagliatamente ad un miglio ed anche più dalla sponda; quindi in questa zona i frangenti disporranno, secondo la direzione del loro moto, non solo de' materiali di quel lido, ma anche dei detriti di quel fondo.

1349.* E quale corrente marina può stare al confronto della potenza de' frangenti? e vi starà forse la mitissima nostra littorale? Forse la breve interrotta azione dei flutti darà tempo

alla corrente, nei rari intervalli di calma (1303), perché riponga nel pristino stato il suo supposto lavoro da quelli pur sempre, scompaginato? Ma non dice il Montanari stesso ed i montanaristi con lui, che senza l' azione zappatrice de' flutti la corrente non può produrre lavoro? e basteranno per formare i rilevanti interrimenti lungo i lidi e dar loro quella geometrica forma che hanno, le tenuissime materie, cioè la belletta o l' argilla tenera, che conservano lievemente colorata l' acqua, dopo cessata ogni ondulazione? E potrà ciò fare quella corrente che mai o tutto al più quasi mai rade veramente il lido (1279)? Ora, sarà in detta corrente e non nei flutti, che si dovrà basare la dottrina degl' insabbiamenti? In verità, dopo gli studi del Castelli, del Boscovich, del de Fazio, del Brighenti, del Paoli, e dopo tutto quel da me aggiuntovi in questa ed in altre scritture, mi pare che un tal soggetto non ammetterebbe maggior disquisizione. Tuttavía il sacco non è vuoto; ed avuto riguardo alle somme autorità che non sono meco d'accordo, io non debbo trascurare di vuotarlo.

1350. * Dalla erudita storia dei mutamenti sofferti dalle foci del re dei fiumi della Italia nostra, dettata dal Lombardini, si desume che esse han sempre avuto tendenza ad andare dal giù all'in sù, cioè da destra a sinistra, guardando il mare, ossia da Ostro a Borea, precisamente contro la direzione generale della corrente littorale ed a seconda della direzione dei flutti regnanti che sono quelli prodotti dai venti di scirocco.

1351. * *Le résultat le plus remarquable de cette histoire ancienne du Pô*, osserva Elia de Beaumont referendo la stessa istoria compilata dal de Prony e dal de Hoff, *c'est que son cours primitif était le Po-di-Primaro, qui longe le pied des dernières pentes des Apennins. C' est là qu'il a d' abord déposé ses alluvions, et c' est ainsi que la lagune de Ravenne a été comblée la première. C'est après avoir élevé ses anciens bords qu'il s'est déversé latéralement, comme le Rhin a fait en Hollande, et qu'il a occupé successivement des lits situés de plus en plus au nord de Ravenne, de manière à menacer finalement les lagunes mêmes de Venise, qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, s'en émut aussitôt.*

1352. * Ed io scorgo indicata dal Lombardini e dal Paleocapa la causa di questa costante tendenza delle foci del Po: la verità non di rado si fa strada da sé sotto la penna di coloro che la bramano, quantunque altrove la cerchino. « Gioverà osservare dice il primo, come lungo le rive occidentali dell' Adriatico, superiormente alla Romagna, mettano foce molti fiumi di portata considerevole; *e come in pari tempo il litorale trovisi esposto allo scirocco, e più ancora al vento di levante*, il primo dei quali è dominante (regnante direi io 1294) in quel golfo, ma il secondo è assai più violento e burrascoso. Mentre l' acque di quei fiumi continuano a portare al largo mare le torbide, che depongono in vicinanza della foce, questo, agitato dai venti *esercita un'azione contraria* in tutta la lunghezza della spiaggia, *tendendo a respingere le materie medesime verso di essa* »; cioè « PIU' IN SU, come osserva il Paleocapa, *verso la costa* gettandole *là dove non arriva la corrente marina* (littorale). » Per tal modo sono obbligate le foci a volgersi verso sinistra, che è quanto dire ove trovano minor resistenza.

1353. * Ed io ancora ebbi a notare che dalle dotte *Memorie del porto di Pesaro* di Annibale degli Abati Olivieri-Giordani risultava che la foce dell' Isauro, detto volgarmente Foglia, aveva soggiaciuto a tre differenti direzioni. Dalla prima alle susseguenti si era sempre condotta più a sinistra di chi guarda il mare; cioè contro la corrente littorale ed a seconda delle onde del vento regnante.

1354.* « Effetto della maggiore gagliardía di questi venti, osserva il Boscovich, si è appunto il vedere qui la ghiaja distesa lungo la spiaggia verso Ponente per più miglia, (dal punto di partenza) come si è detto da principio, mentre non se ne vede punto verso Levante. Le arene, e le materie più minute sono portate ancora da'maestrali, e tramontane a destra, come si vedono a destra distendersi le torbide per lunghissimo tratto; ma le burrasche che vengono da que'venti, non hanno forza da trascinare per lungo tratto le ghiaje tanto più pesanti (1295). Così pure a Fano le ghiaje del Metauro sono buttate tutte e distese verso Ponente dalle levantare, e ciò non solo fino al Porto distante più di un miglio da esso fiume, ma anche per tre miglia

più in qua se ne vedono, come ho riconosciuto in quest'ultima gita a quella parte, le quali erano strascinate fin là dalle dette levantare, prima che fosse fatto il molo guardiano accennato di sopra. »

1355. * Ed il Brighenti ripete la stessa osservazione :

* « Vi è questo di notabile, egli dice, lungo la costa Pontificia, che le ghiaje portate dai torrenti si spandano a molta distanza dalla foce sul lido sinistro, e se le foci sono armate, non ne trovi che rarissimi segni alla destra; se disarmate, l'aggestione a destra è molto più contratta che alla sinistra. »

1356. * Il Paleocapa conviene, che « sopra materiali *di natura così pesanti non può aver azion sufficiente la lenta, benché perpetua, correntìa litorale.* » Ma, mi farò io lecito domandare : ma se sono i flutti che trasportano quei pesanti materiali, perché i flutti stessi non potranno trasportare i materiali, più leggieri ? Questi sono trasportati, mi si risponderà, dalla perpetua correntìa. Quali di questi più minuti materiali potrebbe portare la ripetuta correntìa lo abbiamo veduto (1283), come abbiamo veduto pure il valore della sua perpetuità di azione (1291) !

1357. * Anche il Paoli, che più di ogni altro si è occupato nella ricerca delle cause che han prodotti i mutamenti avvenuti sulla costa d' Italia da Ravenna ad Ancona, conclude : « Che il fatto e l'osservazione convalidano che l'interrimento, e quindi il ritiro del mare dalla costa che qui si è presa a considerare, è sopra a tutto dipendente dai frangenti che, a norma de' venti sciroccali e di levante, che spirano ordinariamente sulla costa medesima, tendono a portare da destra a sinistra i vari sedimenti de' fiumi, prevalendo all'azione del moto radente. »

1358. * Dunque, stando ai fatti, dovremo conchiudere che la pretesa virtù della ripetuta corrente littorale non si verifica, perché noi dobbiamo dedurre da essi che la massa maggiore dei materiali è trasportata nel lido in esame piuttosto in *su*, cioè a sinistra, contro la corrente, che in *giù*, cioè a destra a favor di corrente. Ma andiamo innanzi ancora.

1359. Non solo la corrente littorale non può da per sé sola distruggere o formare rilevanti interrimenti, e vincere il

moto di trasporto de' flutti, ma né anche ha forza di conservare quanto natura od arte ha offerto alla sua azione, che è quanto dire di tenere sgombrato un luogo, ove altre cause tendano ad interrirlo; e gli esempî, che sono per addurre, si troveranno per il mio assunto principale, non meno concludenti di quelli di sopra riportati.

1360. « Sovente, dice E. de Beaumont, sovente un isolotto si congiunge alla costa con due cordoni littorali: tali sono per esempio le penisole di *Giens*, di *Quiberon*, ec. » lo stesso autore altrove nota « che la penisola d' *Hyères*, non lungi da Tolone, *formait originairement une île*: ma essa è oggi unita alla terra ferma da un terreno piano, orlato da due lunghi cordoni littorali ». Malte-Brun ha pur egli notato che *l'île de Tyr a été unie au continent par une main plus puissante que celle d'Alexandre.*

1361. Bernard osserva « che la penisola di *Greu* presso Tolone era per lo passato un' isola, ed eravi corrente fra essa e la costa; nulladimeno le sabbie convogliate dal *Gapeau* si sono tutte deposte alla destra di questo fiume sotto il ridosso formato da detta isola, e l'hanno congiunta al continente ».

1362. Quella corrente che io ho osservato nel lido livornese, l'ho pur anche trovata in quello di Anzio. Per eliminare o almeno diminuire il sempre crescente interrimento nel nuovo porto Innocenziano, si pensò a trar profitto da detta corrente, la quale in quel capo supera spesso $\frac{1}{2}$ miglio in un ora. A tal effetto il Venturoli ci racconta che « si aprirono per consiglio di Boscovich nel molo vecchio di sinistra due bocche, che poi si riunirono in un canale largo nove metri. Questo si escavò e si prolungò sostenuto da palafitte sino all'acqua del porto vecchio. E perché si temeva che le mareggiate di libeccio l' ostruissero, ne fu munito lo sbocco con traversa da aprirsi e chiudersi all'uopo. Così nel porto nuovo s' iniziò altra palizzata per mantenere aperto l' ingresso all' acqua del porto nelle due bocche di comunicazione col porto antico. Questi lavori furono eseguiti con alacrità, ma ebbero fin da principio sinistro incontro, perché il canale nel porto vecchio non fu appena scavato che s' interrì. Ora non si trova più traccia né delle bocche, né del canale; salvo alcun avanzo delle palafitte semisepolte nella

spiaggia ». Dunque il moto radente, quantunque incanalato e dall' arte condotto e difeso, non valse a spurgare il porto, e neppure a mantenere escavato il canale che gli venne aperto.

1363. Al capo del monte Circeo, punto molto *foraneo*, tutti i marini sanno che la corrente è ben più veloce che nel resto del nostro littorale. Omero chiama quel monte un' isola, e Teofrasto ancora, secondo si legge in Plinio, lo descrive come un' isola, della quale indica benanche il circuito. Ora, quella corrente che passa oggi fuori del monte, doveva, quando era isola, passare fra esso e la terra ferma; nulladimeno il ripetuto monte è divenuto penisola attaccata al lidò con dighe o cordoni di melme e di sabbie. Che anzi la duna occidentale che fa parte di questo attaccamento *semble*, al de Prony, *avoir été formée la prémière*. Supposizione che può passare come certezza, se ci facciamo a riflettere che in questa duna, appoggiata da Nord-ovest alla punta di Astura e da Sud-est al monte Circeo, il vento dominante nel Tirreno vi scende pressoché normalmente, e se ammettiamo, come io sono convinto, che i detriti del fondo del mare possono aver rilevante parte negl' insabbiamenti anche contro la corrente littorale.

1364. Molti altri fatti potrei citare a sostegno del mio assunto: ma i soprallegati mi sembrano bastanti a dimostrare, che la nostra corrente non ha sufficiente forza per sollevare materie di veruna specie, non ha virtù di trasportare quelle alquanto pesanti dai flutti inalzate, e non ha efficacia neppure di conservare i luoghi, in cui arte e natura in angusto spazio incanalandola, davanle occasione di mostrare un utile dalla sua esistenza e per ciò nulla conserva, né forma, né distrugge rilevanti interrimenti in qualunque punto d' Italia e fuori.

1365. Posta la questione in tempi normali, com' è l'epoca nostra, e non di cataclismi, e tolti alcuni siti eccezionali, come quelli degli stretti di Messina, Gibilterra e simili, io sono convinto di quanto G. Collegno asserisce, che « le correnti non hanno alcun potere di erosione: il solo effetto del moto delle correnti e della marea pare essere il distribuire sopra estesissimi spazî (quando la direzione de'flutti non vi si opponga, aggiungerò io) le materie trasportate dai fiumi e quelle tolte alle spiagge (e dal fondo del mare, aggiungerò ancora) dalle onde

marine durante le tempeste » : ed anche in tempi di venti discreti, aggiungerò pure, come ha avvertito il Mari (132), e come si può desumere da alcuni fatti raccolti dallo Stile e dal più volte citato de Rivera. Le onde, sempre piccole per qualunque forza di vento, che possono sollevarsi nel lago Fucino sono atte, al dire di questo osservatore, « allo *stritolamento della roccia in ciottoli di diversa grandezza* in tutta la costa di oltre sei miglia di lunghezza, cioè dalle vicinanze dell'emissario Claudio fin presso Ortucchio ». Ed Ignazio Stile aveva già avvertito che le tempeste di detto lago *mettendo la ghiara in agitazione*, i canali artificiali in esso praticati vengono nelle bocche *ricolmati di ghiara*. « Per opera del fiotto stesso, nota ancora il Rivera, (e non certo per corrente littorale stabile soggiungo io), i ciottoli sono disposti appiè della costa con l' inclinazione corrispondente alla loro grandezza, ed i più piccoli *con moto di traslazione sono stati trasportati* in quelle parti del perimetro ch' è disgiunto dalle falde de' monti per un' ampia pianura dolcemente inclinata ».

1366. * Passo ad un ultimo argomento che mi resta ad esaminare, quello che forma l' Achille del noto sistema del Montanari e dei seguaci suoi. E questo per essi consiste nel credere e sostenere che la direzione delle foci è dovuta all'azione della corrente littorale.

1367. * Vero è che nello svolgere le questioni trattate fin qui, mi è occorso di riferire fatti ed esporre ragioni da cui si deducono sufficienti elementi di confutazione anche per questa principale parte del ripetuto sistema. Tuttavía in forza della sua speciale celebrità mi fermerò alquanto più particolarmente su di essa.

1368. * Dalle mie osservazioni sulla direzione dello sbocco de'fiumi in mare ho trovato confermato quel che riferisce in proposito il Castelli. In questi si legge: « Io ho osservato in Toscana, nella spiaggia romana e nel regno di Napoli, che quando un fiume sbocca in mare, sempre nel mare stesso si ritrova nella sboccatura quasi come una mezza luna, ovvero una trinciera di radunata di arena sotto l'acqua assai più alta, che il rimanente della spiaggia, ed è chiamata in Toscana il cavallo, ed in Venezia lo scanto ; il quale viene tagliato dalla corrente del fiume,

ora dalla banda destra, ora dalla sinistra, ed alle volte nel mezzo, *secondo che spirano i venti verso quel sito.* »

1369. * Il Boscovich notava, parlando della direzione che « naturalmente affettano *tutti questi fiumi di queste parti*, cioé della spiaggia occidentale dell' Adriatico, *tutti si vedono anche da se*, ove non sono forzati da alcun lavoro, entrare in mare con un poco *di obbliquità verso la sinistra. Credo*, egli soggiunge, *che la ragione ne sia la forza grande, che hanno qui le Levantare, e i Greci-Levanti sopra ogni altro vento la quale prevale alla ordinaria corrente generale* » (la littorale).

1370. * Tutti quelli che ammettono moto di reale trasporto nei flutti vicino il lido, ossia dal punto ove l' onda non trova più libero sviluppamento sotto la superficie del mare sino alla sponda, e quelli ancora che ammettono almeno moto di trasporto nei frangenti soltanto, spiegano benissimo, se vogliono, la direzione delle foci salse o dolci che sieno con l' azione del moto ondoso del mare, e taluno ciò ha fatto; ma mi è forza confessare che il numero di essi è ancora molto ristretto nel senso di un intimo convincimento, a confronto di quello che non ammette nelle onde l' indicato trasporto, e ristrettissimo è poi il numero di coloro che si sono espressamente occupati di confutare la dottrina del Montanari.

1371. * Vero è che non sempre il numero di opinanti è buona regola per provare la verità. « Se il discorrere bene intorno alla verità delle cose, diceva con ragione il Castelli, fosse come il portar pesi, dove vediamo che cento cavalli portano maggior peso che un cavallo solo, parrebbe che si potesse fare più stima dell' opinione di molti uomini, che d' un solo; ma perché il discorrere è piuttosto simile al correre che al portar pesi, dove si vede che corre più un Barbaro solo, che cento Frigioni; però io ho sempre stimato più una conclusione maneggiata bene, e ben considerata da un intelletto ancorché solo, che le opinioni ..... » Ma alla fin fine le opinioni son sempre opinioni; mentre questa e le altre questioni del moto ondoso che ci occupano stan tutte nella osservazione de'fatti isolatamente notati da molti ed esperti, che sorpresero la natura nel momento del suo lavoro, e da me

ordinati e raccolti per concludere appunto secondo la natura ed il vero.

1372. * Colui che amasse conoscere quali e quanti sono quelli che formano il primo numero ed il secondo, credo che troverà facilitata la via leggendo il primo capitolo di questo libro, specialmente l' articolo della scuola italiana. Io qui citerò solo quelli che si comprendono nel terzo numero, giacché credo che meritano speciale ricordo e tributo di lode quei che pei primi presero a combattere un sistema che, quantunque falso, è stato abbracciato e sostenuto dalle più grandi celebrità idrauliche italiane e straniere, e ciò facendo essi mi daranno armi che contribueranno a ribadir la vittoria sulla erronea opinione, la quale forma l'oggetto della mia tesi.

1373 * Boscovich scriveva circa mezzo secolo dopo publicati i Pensieri del Montanari, ma, mentre in fatto combatte il sistema in essi eretto (123 e 124), non ne fa parola, né cita il nome dell'autore di esso: non è da credere che l' ignorasse.

1374. * Il primo, a me noto, che abbia preso direttamente a combattere di fronte la teoría del Montanari è il de Fazio, nome pregevole in Italia e fuori.

1375. * Nel 1814, il de Fazio pubblicava il primo de' tre suoi *Discorsi*, e nel 1828 li ripubblicava riuniti in' un sol tomo; da questa seconda edizione, non possedendo io la prima, estraggo dal detto primo Discorso quanto appresso:

« Varii scrittori d' oltremonte, ed alcuni altri italiani fra' quali principalmente il Montanari, han dato un gran peso agli effetti della corrente littorale, attribuendole interamente gl' ingombramenti de' porti. Io non giungo a persuadermi come mai ad una corrente tanto poco veloce che per molti secoli non è stata neppur sospettata non che chiaramente osservata siasi poi voluto attribuire la virtù di sollevare (*a*), e trasportare tanta copia di sabbie, da riempire i porti che trova sul cammino; e che di più se le sia attribuita la proprietà di far rivolgere le foci

(*a*) Sia lode al vero; questa espressione di azione usata dal de Fazio non è esatta; il Montanari ed i suoi partigiani non han detto che la corrente ha forza di *sollevare* le sabbie; una tale azione è lasciata da essi al moto ondoso (1245).

de' fiumi. Or se la corrente littorale trasportasse da per sé sola tante materie da ingombrare i porti, dovrebbe realmente sulle foci de' fiumi formar depositi tali, che le piegassero costantemente secondo una data direzione. Ma ciò è ben lungi dall'avverarsi. Da una pianta topografica dell' ultimo tronco del Tevere levata dall' architetto Chiesa, ed impressa nel 1746, si rileva che la foce di quel fiume entrava perpendicolarmente in mare. Similmente da una pianta dell' isola d' Ariano, recentemente formata dagl' ingegneri italiani, si scorge che il maggior numero delle foci che ha il Po entrando in mare, non seguono le direzioni volute dal Montanari. Il nostro Volturno, malgrado della corrente littorale, ha due foci, una diretta a ponente e l' altra a levante; ed è noto che i legni per non dare in secco entrando dal mare nel Volturno, passano per la foce di levante quando spira ponente, e viceversa. La foce del Sebeto, con le cui acque sono animati molti molini qui in Napoli, in tempo di calma è conservata da' mugnai perpendicolare al mare; ma appena che spira levante o ponente si piega verso quel vento o questo. Tutti i cennati fatti provano abbastanza che i venti, spingendo le onde, regolano i depositi delle materie che sollevano e trasportano. » Egli però, il de Fazio, sulla profondità ove giunge ancora attiva l'azione de' marosi, è restato molto indietro (140 e 654).

1376. * Nell' opera postuma del Tadini, pubblicata nel 1830, si desume che egli non conveniva nella teoría del Montanari; ma dando al moto littorale più azione di trasporto di quella ammessa dal Montanari stesso, combatteva un errore senza però porre in evidenza la verità.

1377. * Nel 1831 l'Emy pubblicava: « L' esistenza di un deposito di sabbie alla foce di un fiume, di una laguna o di un porto, è un fenomeno costante; *mais la cause, qui produit ce dépot n'est pas du tout celle qui est indiqué par Montanari, Mercadier et autres.* » E ne dice il perché, basando la sua confutazione su gli effetti dei suoi *flots de fond*, che io non credo in ogni parte esatta, come ho avvertito (1138 e 1219).

1378. * Il più volte ricordato Brighenti nel 1829 parlando dei canali marittimi da Rimini a Sinigallia, e dei materiali convogliati in mare dai torrenti che li alimentano,

diceva: « Vario è questo incremento delle spiagge dipendente dalla situazione loro rispetto alla direzione del moto ondoso delle burrasche, e più dagli sbocchi de' torrenti vicini a sopravvento. » Egli allora non parlava in vero *della direzione delle foci* propriamente detta, e neppure accennava alla teoría del Montanari: sembra che seguisse il Boscovich (1373); quindi si scorge che, anche egli, vedesse nel moto ondoso la potenza direttrice dei fenomeni degli insabbiamenti delle spiagge; ma non combatteva di fronte il nemico.

* Nel 1832 esaminando lo stesso Brighenti il concetto del Tadini sulla direzione delle foci d'acqua salsa o dolce, diretto a modificare la teoría del Montanari, fermò che gli pareva doversi guardare alla direzione del moto burrascoso del mare, piuttostoché alla corrente del Montanari, e alle restrizioni del Tadini, per intendere la direzione delle foci, sian esse d' acqua dolce, o salata. Nel 1846, 1859 e 1861 pubblicamente tornava sullo stesso argomento e con animo più convinto della verità che egli esponeva (145). Se non che, come il de Fazio, così pur esso è restato indietro sulla profondità ove giunge attiva l'azione de'marosi (146 e 654), con la non piccola differenza però che il de Fazio pubblicò la sua erronea opinione nel 1814 ed il Brighenti la pubblicava nel 1861 e la ripeteva un anno dopo!

* Per la questione che qui più specialmente mi occupa posso dir che egli ha molte volte verificato che « i canali fatti dalla Marecchia, dalla Foglia e dal Misa sulla costa adriatica fra Cesenatico e Sinigaglia hanno la fossa mutabile secondo la direzione della traversìa, come dicono, *o del moto ondoso e delle burrasche.* » Ed ha terminato per assicurare che:

* « Tutte le foci armate, o disarmate della costa pontificia piegano ordinariamente alla sinistra per la stessa ragione delle burrasche prevalenti dalla parte opposta. Né occorre di ricordare qui il Lamone che piegava alla destra, spintovi dagl'interramenti del Primaro-Reno, come tutti conobbero. »

1379. * Il Paoli nel 1842 si pronunciava abbastanza chiaro contro la vecchia teoría della direzione delle foci, mentre asseriva vedersi *i depositi de' sedimenti de' fiumi seguir perfettamente l' azione dei venti e de' frangenti, anzi che quella del moto radente; cui certamente fu attribuita una influenza che*

i fatti non confermano. E nel 1850 pubblicava una speciale ed erudita Memoria su questo argomento, ove con dovizia di fatti e di ragioni ribatte, secondo me trionfantemente, tutti i punti del sistema del Montanari da lui presi ad esame.

1380. * Vincenzo Antonio Rossi, altro bel nome, cognito tra noi ed all'estero, anche questi troppo presto tolto alla scienza ed all'Italia, facendo buon viso alla mia preghiera diretta ad avere il suo giudizio sopra alcuni miei quesiti, rispondeva, nel 1857, con una preziosa Memoria cui dava il seguente titolo: *Su certi fenomeni marittimi ed intorno ad alcune opere relative allo sbocco dei fiumi in mare*; dalla quale per la questione che mi occupa, cade in acconcio estrarre il seguente passo, abbenché in essa si dia ancora, a mio avviso, un poco troppo di valore alla corrente littorale: invero più vegeta nel Tirreno che nei lidi dell'Adriatico, ove nacque il sistema del Montanari.

* « Nella mia scrittura intitolata: *Di una efficacissima pratica per stabilire la sussistenza dello sbocco dei fiumi in mare*, io diceva: Le forze che sulle coste della Italia tendono ad impedire lo scarico di un fiume in mare sono le burrasche, il flusso, il moto radente; e mettevo innanzi tutto le burrasche, come quelle che io riteneva più efficacemente possedere essa tendenza; onde poi soggiungevo; le burrasche coll'infuriar dei venti e dei cavalloni zappano il fondo del mare, ne rompono i bassi fondi, e spingono al lido le sabbie; onde poi si formano le alte spiagge, e le dune; ed ove queste sono interrotte, per lo sbocco di acque in mare, vi formano gli scanni e tutte quelle radunate di sabbia o rene che ne impediscono lo scarico.

* « Colle quali parole io riconosceva il fluttocorrente e i suoi effetti, e la cagione dei fenomeni detti di sopra. Ma in vero nello spiegare la cagione del volgersi a sinistra l'infimo tronco dei Regi Lagni, ed il suo andare per la spiaggia per oltre un miriametro parallelamente al lido prima di scaricarsi in mare, io dava molta più importanza al moto radente che non al fluttocorrente, come lo chiama il sig. Cialdi, comunque l'azione ed efficacia di questo io riconoscessi senza dargli un tal nome; ma fatte le esposte considerazioni, mi avvedo che il fluttocorrente ha dovuto avervi il più potente concorso.

« Il trovarsi la foce de' Lagni tra il torbidissimo Volturno che gli giace da settentrione, ed il monte di Cuma che gli giace a mezzogiorno a ridosso del capo Miseno, lo stare a brevissima distanza da un tal monte l' isola di Procida, cui succede l' altra d' Ischia, che quasi chiudono il varco da mezzogiorno; sono cagione non solo che ove scaricansi le acque dei Lagni evvi una controcorrente littorale opposta alla radente, come io diceva in quella mia scrittura; ma sì ancora che quella spiaggia resta difesa dai venti di mezzogiorno, ed aperta del tutto a quegli di ponente; per lo che debbono dominarvi, come vi dominano di fatto, venti e burrasche di ponente; e coll'infuriare dei venti e dei cavalloni, zappando il fondo del mare, e spingendone le sabbie al lido (come in quella scrittura faceva osservare); la deposizione od insabbiamento operatosi a destra della foce dei Lagni, per lo che voltatosi a sinistra, distendevasi nel 1839 per oltre un miriametro per su la spiaggia, dovea essere stato prodotto più dal fluttocorrente, che non dalla controcorrente del moto radente. E difatto le burrasche con venti gagliardi ed impetuosi provenienti dal largo verso terra, agendo con forze risolvibili in altre orizzontali, ed altre perpendicolari al fondo del mare, come ho spiegato di sopra, debbono essere capaci di spingere molti più materiali verso terra che non il moto radente, ovvero le correnti littorali; perciocché non solo i venti possono giungere ad agire sin sul fondo per l' intermezzo dell' acqua: ma facendovi essi una pressione normale addizionale al peso dell' acqua, debbono generarvi un attrito sì gagliardo da vincerla sulla coesione delle materie costituenti il fondo del mare; laddove l' attrito prodotto dal moto radente, ovvero dalle correnti littorali, debb' essere indubitatamente minore dell' altro, non vi essendo la pressione addizionale dovuta ai gagliardi venti, che stanno colle burrasche, e non col solo moto radente. Inoltre il moto radente, ovvero le correnti littorali, andando quasi paralleli al lido possono solo trasportar le materie parallelamente al lido medesimo, ma non sur esse. Il fluttocorrente può accumulare sabbie, perché, come è spiegato innanzi, i flutti franti nell' ascendere le rive possono condurvi su materie grosse che vi depongono

non potendo ricondurre nel [illegible] valenti sono in direzione dove il moto radente, ovvero [illegible] ci piegano alla si- denota il nome medesimo, non [illegible] leocapa. « Ma per- lido le materie, e quivi depositarle [illegible] dominante, non le arrestasse: ma senza la cooperazione [illegible] tre traversíe in può accumularvele su in notevole altezza [illegible] littorale, che [illegible] di fiumi tor-

* « Di quì ognun vede non solo, [illegible] ttile, hanno mia opinione, essere l'infuriar dei venti e [illegible] » cissime cagioni d' impedimento allo sbocco [illegible] lido de- della protrazione di spiagge e formazione di [illegible] i); e la ora anche più persuaso, dopo le pubblicazioni [illegible] rente mendatore Cialdi e le mie considerazioni esposte [illegible] 91). per le opere da lui promosse, che in generale il flut[illegible] on o meglio il moto di trasporto parziale o totale delle [illegible] componenti le onde, è più potente cagione degl' impe[illegible] allo sbocco de' fiumi in mare e degli interrimenti delle [illegible] foci e dei porti, che non le sole correnti littorali, o [illegible] radente del Mediterraneo. »

1381. * Oltre ai fiumi citati, credo utile registrare ancora che la foce del Serchio, da me particolareggiatamente studiata, ubbidisce alla stessa legge.

* Di fatti, senza indagare le antiche sue vicissitudini, sappiamo che nel corso di un secolo, cioè dal 1759 ai giorni nostri, la foce del Serchio ha per naturale tendenza continuamente e sensibilmente piegato verso tramontana, ed essa sarebbe andata più oltre del punto in che ora si trova, se i lavori alla destra sponda fatti dall' ingegnere Andreini nel 1806 non vi avessero posto un freno. Il fortino che guardava la bocca del Serchio nel 1759 dopo sette lustri si rese inservibile per l'allontanamento della foce. Nel 1797 il governo dovette costruirne un altro, e nel 1853 un terzo, perché anche il secondo si era reso inutile allo scopo di difendere l' entrata in quella bocca. La distanza complessiva di questo spostamento è di circa due chilometri in un secolo.

* La causa di siffatto piegamento, io diceva in una mia Scrittura, non è difficile a scorgersi: essa è l' effetto dell'azione de' flutti creati dai venti regnanti e dominanti di questo littorale, i quali sono compresi dallo Scirocco al Libeccio

guardando il mare. Cosicchè se la foce del Serchio si lascerà libera di sé, essa tenderà sempre più a tramontana, vento per essa non molesto, qualunque sia la rettificazione che superiormente si faccia nel suo alveo.

* Quivi la corrente littorale avrebbe preso parte con le onde a sì notevole piegamento; ma si sarebbe prestata a produrre effetto diametralmente opposto al predicato del Montanari. Difatti se il sistema di lui fosse basato sulla verità, in tutti i lidi dell'Adriatico e in tutti questi del Tirreno, le foci dei fiumi dovrebbero essere piegate a sinistra, giacché tanto negli uni come negli altri lidi la corrente littorale cammina da sinistra a destra; ma in natura accade il contrario. Accade in somma quello che vuole il moto ondulatorio del mare.

1382. * Venendo ora agl' irremovibili montanaristi, e prendendo ad esame le scritture loro sull'oggetto di cui tratto, non può non iscorgersi in esse molte eccezioni e pur anco contraddizioni, ed il Paleocapa mi risparmia la pena di provare questa mia deduzione. Ecco a proposito le sue parole:

« Ora su questo argomento ripeterò, che quelli che propugnano la dottrina del Montanari non hanno mai inteso che la legge che se ne deduce non fosse e non dovesse essere, *in molti casi*, turbata da svariate circostanze di tempo e di luogo. Fra le quali *certamente è principalissima e generale quella dell' infuriar delle burrasche*. Ma, ammesso pure che su queste o quelle coste siavi una diversa direzione predominante di venti o di moti burrascosi, convien riflettere che questi non insistono che per pochi giorni e si succedono a più o meno lunghi intervalli di tempo, duranti i quali spirano altri venti, talvolta egualmente ed anche più impetuosi e più insistenti, che distruggono od attenuano gli effetti della traversía predominante. Ond' è che la correntía littorale, con un' azione continua, quantùnque tanto men vigorosa, prevale nella formazione delle spiaggie sabbiose e nelle direzioni delle foci all' azione delle burrasche, benché più prepotente, ma incerta, svariata, e talvolta coincidente con quella della correntía littorale medesima. »

* E quanto ai lidi anconitani egli aggiunge: « Il Brighenti osserva che, contrariamente a ciò che egli crede

succedere nei lidi veneti, le burrasche prevalenti sono in direzione opposta alla corrente littorale, e però le foci piegano alla sinistra. » *Io ben lo ammetto*, soggiunge il Paleocapa. « Ma perché attribuirlo alla traversía, che quantunque dominante, non è certo l' unica, ma è contrastata da tante altre traversíe in senso opposto, anziché alla legge della corrente littorale, che pure spiega bene il fenomeno, dappoiché si tratta di fiumi torbidi, che, quando sboccano in mare sulla spiaggia sottile, hanno abbandonate le ghiaie pesanti più vicino alla costa ? »

1383. * La moltiplicità delle traversíe in un lido determinato non esiste in natura, anzi è impossibile (1294); e la creduta continua e potente azione di trasporto della corrente littorale è stata ad esuberanza combattuta a suo luogo (1291). Quindi di tutta la riferita argomentazione del Paleocapa non rimangono che i fatti da lui stesso in essa *ammessi*, i quali sono in opposizione colla pretesa legge, o almeno la infirmano talmente con l' eccezioni, che ne sparisce la regola.

1384. * Così essendo, a parere anche di non pochi montanaristi, a che trattenerci più a lungo sulla ricerca del risultamento di effetti sì variabili e contraddetti quali sono appunto quelli della corrente littorale agli sbocchi di acque chiare o torbide ? *Dans l' investigation des phénomènes naturels on ne doit pas attribuer une grande importance à des effets si faciles à modifier*, come saggiamente avvertiva de Beaumont.

1385. Egli è perciò che per quei luoghi ove il fatto sussiste, io diceva che i flutti trasportano in alcune circostanze alla superficie ; trasportano da questa sino al fondo quando non hanno più libero sviluppamento; trasportano e rovesciano ed arrotano con rilevante potenza a ragguardevoli profondità, e che questi trasporti si effettuano anche contro la direzione della corrente littorale. Quindi gli sbocchi dei fiumi nei nostri lidi dell' Adriatico e del Tirreno, armati o no, formando con la loro correntìa un ostacolo al libero scorrimento del regnante fluttocorrente, specialmente quando quelli corrono in piena e quando questo nello indebolirsi, col cessare delle tempeste, è più idoneo a produrre insabbiamenti (802), favoriscono il deposito de' materiali alla destra parte nell'uno, ed alla sinistra nell' altro mare, cioè nel punto d' incontro delle due potenze :

il quale deposito obbliga poi gli sbocchi stessi a piegare a sinistra o a destra, cioè ove trovano minor resistenza. Questa *semplice spiegazione* del tanto celebrato fenomeno degli sbocchi in mare, io la credo *naturale*, e vera; come pur *ingegnosa*, ma *artificiale*, e falsa, sono convinto che sia quella data dal Montanari.

1386. Siffatta mia spiegazione potrà presentare anch' essa delle eccezioni; ma se, imitando il professor Rossi, ci spoglieremo di ogni preoccupazione e solo ci occuperemo di cercare la verità, ho fiducia che le eccezioni spariranno. Imperocché « *La nature toujours constante dans ses moyens*, dirò anche con l' autorità del Lamblardie, *l' a toujours été dans ses effets*. Per esempio, in Sinigallia l' accumulamento è di qualche metro maggiore nella sinistra palafitta; ma quivi la destra spiaggia è in gran parte a ridosso del promontorio di Ancona; laonde l' azione de' regnanti venti di quel littorale si trova di molto modificata. Il Paoli ha sulla faccia del luogo studiato le cause di questa eccezione, e dopo tali studi, che di persona anch' io ho potuto ripetere, bisogna convincersi che l' interrimento nella prossimità di quel porto non viene in verun modo da qualche fiume situato alla destra, nè dal lido di essa, ma dai materiali del proprio suo fiume e da quelli tolti dal fondo del mare, e però essi possono essere maggiori alla sinistra.

1387. Facendo ora per ordinato discorso il confronto tra la durata dell' azione delle onde con quella della corrente, e fra la forza e gli effetti del flutto con la forza e gli effetti della corrente, non può non convenirsi della gran prevalenza che hanno i flutti sopra, non dirò solo della nostra mitissima corrente, ma di qualunque altra di marèa o littorale, in ordine allo zappare e trasportare materiali anche in direzione opposta della corrente regnante; e quindi al formare o disfare interrimenti; e però *LA DIREZIONE REGNANTE NON DELLE CORRENTI, MA DEI FLUTTI, DEVE AVERSI PRINCIPALMENTE A CALCOLO, OVE SI VOGLIA PROVVEDERE ALLA CONSERVAZIONE DE' PORTI, E SPIEGARE IL PROTENDIMENTO O SFACIMENTO DELLE SPIAGGE.*

1388. Le lunghe serie di fatti raccolti, accadendo uniformemente nelle medesime circostanze, non che l' evidenza delle ragioni, sono solida base per dedurre la suddetta legge degli

insabbiamenti; ma se i sostenitori della costante immobilità dell'acqua nella massa che costituisce l'onda intera anche presso il lido, non verranno nel mio avviso contrario ad essi dopo i fatti raccolti fin qui, ho fiducia che siano per convenir meco, che moto di trasporto esista nelle onde quando esse sono frante; il che si ammette dal Paleocapa. Or bene; questo basta per rovesciare l'edificio del Montanari (1348 e 1349), e tanto più ove venne fondato, perché appunto nei nostri lidi dell'Adriatico il moto dei flutti può dirsi in permanente azione ed in continuo prodotto, come in altra scrittura, più specialmente allo studio di quei lidi diretta, ho provato (*a*).

1389. * E però, convinto delle sopra esposte verità, io concludeva in questa sentenza: Sarà mia soverchia pretensione, ma l'argomento della corrente littorale è per me questione esaurita su tutti i punti; e per quanto io abbia voluto dar peso alle somme autorità che non sono meco d'accordo, pure non ho potuto fare a meno di scrivere al Segretario dell'accademia delle scienze di Parigi, che la proposizione di cui ora tratto e che sostengo, *la trovo degna di prender posto tra gli assiomi.* (*Compte rendu des séances de l'Academie des sciences.* Tom. XLIV, n. 13, 30 mars 1857).

ARTICOLO SETTIMO

LE CORRENTI SI DEBBONO AVERE A CALCOLO — PERCHÉ — RILEVANTI EFFETTI DI ESSE QUANDO SONO AIUTATE DAI FLUTTI

1390. * Mal si apporrebbe chi dal già detto volesse dedurre, che io consiglio trascurare interamente lo studio della velocità, della direzione e della distanza dalla riva delle correnti littorali. Io qui dirò soltanto della mediterranea.

1391. Ho già consigliato ad avere a calcolo le correnti marèe (1248): ed ora aggiungo che quantunque la corrente

(*a*) *Sintesi di fatti per dimostrare come il moto ondoso del mare anziché la corrente littorale è la cagione precipua del protendimento delle spiagge e della ostruzione de' porti, applicandone il risultamento all'ingresso del bosforo di Suez nella rada di Pelusio.* (Giornale dell'Ingegnere-architetto ed agronomo. Milano 1861 pag. 162 al 165).

littorale da per sé sola non abbia efficacia di solcare il fondo e corrodere il lido, e, generalmente parlando, non abbia potenza di trasportare materiali alquanto pesanti, essa purtuttavía deve aversi a calcolo quando è regnante, specialmente per gli effetti che può produrre nei bacini che costituiscono i porti, e ciò per due generali motivi. Primo, perché, anche debole, ha valeggio di convogliare le smosse materie minute o leggere come le melme e le alghe: Secondo perché, quantunque la sua azione sia lenta, gli effetti con tuttociò possono essere apprezzabili per la sua pertinace natura (1343). Così pure sono da aversi in conto le controcorrenti, come magistralmente ci prova il Casoni.

1392. Che se poi teniamo dietro agli effetti della ripetuta corrente littorale, quando il mare è mosso dal vento che tende nella stessa direzione di essa, li troveremo allora notevolissimi. Abbiamo veduto che i venti hanno in fatto molta influenza su tutte le correnti, e l' esperienza mi prova che, come nell' Adriatico, così nel Tirreno, ne hanno eziandio in quella littorale. In questa, quando soffiano da terra, ho ripetutamente osservato che ne aumentano la larghezza superficiale a detrimento della velocità, la quale di sua natura mite, diviene mitissima: se soffiano nella direzione della corrente, non ne turbano la normale larghezza, ma ne aumentano la velocità più o meno, secondo la forza e durata del vento: se la direzione di questo è opposta a quella della corrente ed è di due o tre giorni di durata, cessa l'azione della regnante corrente, e ne subentra un'altra nella direzione del vento la quale dura quanto la causa che la produce (1278 e 1344): se i venti scendono dall'alto mare, obbligano la stessa corrente a stringere sensibilmente la zona; e ragione mi detta che aumentano l'azione di essa in profondità, aumentandone in ogni punto la velocità proporzionatamente alla direzione, forza e durata del vento. In questi casi la littorale può divenire realmente *radente* e potentissima; ed io posseggo lunga serie di fatti che lo comprovano. Qui basterà riportarne alcuni raccolti nel Mediterraneo.

1393. Il primo mi venne favorito dal sig. Luigi Mancini bravo architetto navale in Livorno ed io lo riporto colle stesse sue parole. « Nel mese di gennajo 1831 uno Scuner inglese fu da una forte libecciata gettato a traverso della spiaggia, a ponente di

Livorno e precisamente fra la torre del Gombo e la foce del Fossomorto. Cessata la burrasca lo Scuner restò del tutto all'asciutto a traverso e parallelo alla battigia del mare alla distanza di 3 metri, ed immerso nell'arena 1^{m}, 25. I proprietarî del detto Scuner avendone fatto l'abbandono agli assicuratori, questi lo venderono all'asta, e mio padre in società con un suo amico lo acquistò. Per ricuperarlo fu mestieri in prima di scaricarlo del poco carbone fossile che aveva per zavorra, estrarlo dalla sua buca e metterlo in angolo retto colla spiaggia. Dopo di che fu invasato regolarmente e varato. Con facilità si potè trarlo fuori sino al primo cavallo (essendo ben noto che la spiaggia tra bocca d' Arno e bocca di Serchio è assai secca, e sonovi i cosidetti cavalli da sormontare prima di trovare una profondità di oltre due metri)' il quale non aveva su di esso che otto decimetri di acqua. Quindi fu stesa un àncora con una catena aggiuntata ad una gomena per fargli sorpassare il cavallo, nel tempo stesso che alcuni uomini procuravano estrar l' arena sotto la prora, ma nel tempo che si eseguiva questa operazione, il vento girò nuovamente a libeccio, per cui scendendo un mare piuttosto grosso, gli uomini impiegati a tagliare il cavallo non poterono più lavorare, e quelli destinati a virare sulla gomena al mulinello, scorgendo che il vento ed il mare andavano aumentando, temendo di perdere la comunicazione con la terra, dopo aver messo in forza la gomena non vollero più restare a bordo, e verso sera vennero alla spiaggia. Durante la notte, il vento ed il mare infuriarono maggiormente, e noi ci aspettavamo di vedere il bastimento rompersi per le forti battute che cominciava a dare sul fondo, quando, con nostra sorpresa, ci sembrò che il bastimento si movesse a destra della spiaggia. Si alzarono allora dei traguardi, ed accertammo che il bastimento andava a poco a poco realmente a destra, e nel corso della notte la sola corrente fu capace a fargli montare di fianco e diagonalmente tutti i cavalli girando sempre il bastimento sull'àncora come a centro, e la catena e gomena come raggio. Nella susseguente mattina il bastimento si manteneva col fianco nella direzione di circa 45° con la spiaggia, a distanza dalla medesima di circa 80 passi, del tutto discagliato, in circa

3m,50 di acqua, e mostrando il fianco al mare ed al vento che lo facevano fortemente rollare (barcollare), essendoché il vento era ponente libeccio, ed il mare veniva a frangersi precisamente perpendicolare alla spiaggia. Né può supporsi che l'onda scorrente alla superficie del mare abbia influito sul discaglio del detto bastimento, perché anzi questa ed il vento dovevano fare una resistenza contraria al detto discaglio per le circostanze sovraccennate. Solo, io credo, potrà supporsi che la corrente di ritorno delle onde che vengono a frangersi sul lido, si riunisca e prenda la direzione della corrente radente da mezzogiorno in tramontana, regnante lungo il nostro lido in occasione dei venti forti da scirocco fino a ponente, e che queste due correnti insieme costituiscano la corrente potentissima sovradescritta. Il giorno appresso il bastimento in discorso venne condotto a Livorno.

1394. « Quanto precede sembrami acconcio a stabilire incontrastabilmente la potenza e la direzione della corrente del mare lungo le nostre coste, allorquando spirano forti venti da mezzogiorno libeccio e ponente. Inoltre io osservai in detta circostanza, che i pezzi di legno, rami, radiche di alberi ec. che trasporta al mare il fiume Arno, vengono da quella straccati (trasportati e lasciati) sulla spiaggia a tramontana della foce di detto fiume, mentre che dal lato di mezzogiorno non rinvenni quasi nulla, e soltanto le consuete alghe, come si trovano in tutto il lido nelle vicinanze di Livorno ». Ossia, aggiungerò io, vi rinvenne, quasi esclusivamente, quelli materiali che provengono direttamente dal fondo del mare.

1395. In proposito del discagliamento dello Scuner, mi fo lecito notare che in verità l'onda ed il vento avrebbero prodotto un effetto contrario quante volte però il bastimento fosse stato libero, cioè senza una gomena stesa che ne avesse stabilito la chiamata verso l'alto mare; gomena che venne *messa in forza* prima che gli uomini abbandonassero il lavoro di ricuperamento. Nella posizione, nella circostanza e nella condizione in cui si trovava il bastimento, sette furono a parer mio le forze che influirono a toglierlo dall'incaglio: 1.° l'azione solcatrice del flutto intorno la chiglia del bastimento; 2.° il moto di alternativo sollevamento del bastimento stesso dal fondo

del mare, comunicatogli dall'ondulazione de'flutti; 3.° il flutto-corrente; 4.° la corrente littorale; 5.° il flutto di ritorno (risacca); 6.° la tensione della gomena; 7.° l'acque piene. La direzione di quarantacinque gradi coll'andamento della spiaggia tenuta dal bastimento dopo discagliato, era la direzione della risultante dalle forze, vento, corrente littorale e fluttocorrente.

1396. Il secondo fatto mi è stato comunicato dal citato sig. Parenti ed è « che sulla lingua di roccia che forma la punta Cavalleggieri, in una libecciata, e non delle più forti, sei de'massi di smalto di circa sedici metri cubi, fabbricati presso il ciglio della detta punta per difendere da'flutti il nuovo cantiere, sono stati rimossi, ed un muro di recinto presso i bagni del Cocchi è stato rotto. La corrente portò via tutto il materiale depositato nel cantiere; la pozzolana tinse di rosso una vasta superficie di mare, ed una gran parte del legname fu ricuperato presso Portammare, traversandolo sopra la spalletta della strada coll' impiego di più centinaja di persone per un intero giorno ». Passiamo ad un terzo fatto.

1397. * Abbiamo già veduto che il Lyell ammette che la corrente littorale, la quale entra dallo stretto di Gibilterra e percorre la costa settentrionale dell'Affrica, cagiona la rapida distruzione *de plusieurs parties* di essa costa e ne trasporta i materiali *vers l'est* (42).

* Io non convengo che l' indicata corrente abbia una sí fatta potenza di corrosione e di trasporto, ma siccome i venti regnanti e dominanti in quella costa sono dall'Ovest, così i flutti danno ad essa corrente quella potenza che le manca; e però ammetto anche io quel lavoro. Questo fatto di traslocamento di materiali spiega gl' insabbiamenti che vediamo a sopravvento e a sopraccorrente del Nilo, e rende ragione di quelli, che fanno meravigliare taluno, nella rada di Alessandria.

1398. * Per ultimo dirò che leggo in Mougel-Bey :

* « Racconta Spratt una esperienza *très-intéressante*, che egli ha fatta il 14 maggio 1857 sopra la spiaggia di Portosàido. Egli depositò sulla riva del mare, dicontro ad un segnale, *onze charges de cendres et de scories*, delle quali cinque, esclusivamente di scorie, i cui pezzi pesavano da 0.31 grammi a 2 chilogrammi e 2 chilogrammi e mezzo. *Le tout fut mis en tas*

à un niveau un peu plus élevé que la mer. Dopo dodici giorni, nel qual tempo non ebbevi *qu'un fort coup de vent d'ouest et plusieures brises fraîches de l'est*, il mucchio era interamente disparso *et on en retrouvait les fragments à l'est*, sino a 1500 metri di distanza, ed uno di essi, del peso di tre libre e mezzo, *fut relevé à 216 mètres du point de départ.* »

ARTICOLO OTTAVO

FORMAZIONE DELLE SPIAGGE — MATERIALI FORNITI DAGLI AFFLUENTI TERRESTRI E DAL CONSUMO DELLE COSTE

Hoc quibusdam locis fontes faciunt, ut non tantum lutum, sed folia, testasque, et quidquid putre jacuit, expellant: ubique autem facit mare: cui haec natura est, ut omne immundum stercorosumque littoribus impingat. Quaedam vero partes maris id certis temporibus faciunt, ut circa Messanam et Mylas fimo quiddam simile, turbulentum in littus mare profert, fervetque et aestuat, non sine odore faedo.... Mare vero cadavera, stramentaque et naufragorum reliquiis similia, ex intimo trahit, nec tantum tempestate fluctuque, sed tranquillum quoque placidumque purgatur.

(L. Annaei Senecae, Natur. Quaest. Lib. III, cap. XXVI).

1399. Premetto anzitutto che per le altrui e per le mie ricerche sono altamente persuaso, che dal fondo del mare provenga una gran parte de' materiali che ostruiscono i porti e protraggono i lidi. Alcide d'Orbigny, prendendo il numero sedici per l'insieme de' sedimenti marittimi, così lo divide:

Sédiments fournis par les affluents terrestres . .	4
» » » » » *l'usure des côtes*	10
» » » » » *les corps organisés* . . .	2
Total . .	16

* Ma io credo che questa divisione soffra notevoli eccezioni, nei nostri lidi, e specialmente in quanto concerne la massa dei sedimenti prodotti dai corpi organici. Io sarò breve intorno ai due titoli indicati in questo articolo, ma per quello intorno ai corpi organici mi tratterrò molto a lungo. Per questa specie di prodotto presso le rive, ho creduto pregio dell'opera farne soggetto di separato articolo, che farà seguito al presente, essendo argomento importante; e non ancora preso in considerazione per gli effetti suoi nelle opere idrauliche.

1400. * Tutti gli affluenti torbidi e limacciosi, come i fiumi, o più tardi o più presto, secondo il grado delle melme, delle arene ed altri materiali che traggono seco, vanno sempre più protraendo la foce e le adiacenti spiagge, creando nel tempo istesso banchi o corde di bassi. Questi ammassi di materie che il fiume convoglia e che il mare respinge, si formano in forza dell'opposizione che fa al fluttocorrente del mare la corrente del fiume e la risacca del lido.

1401. * A me sembra che da taluni non si dia agli scarichi dei fiumi quel peso che meritano. Per lo passato ai soli materiali trasportati in mare dai fiumi si attribuiva il protendimento de' lidi: da pochi anni in quà si vorrebbe invece che i fiumi non vi avessero parte alcuna, o, tutto al più, ben limitata; epperò si è giunti persino a dire che lo stesso Delta non sia prodotto da' loro scarichi, ma sibbene da' detriti del fondo del mare. Io intendo di oppormi a queste due esorbitanze, convinto come sono che negli eccessi non consista la verità. Il Paleocapa con molta lucidezza combatte il secondo eccesso, che entra nel campo di uno scritto suo, e conclude che « *la belletta tenuta in sospensione dalle acque in tempo di piena, e che si perde in gran parte al largo, non forma che una minor parte delle materie scaricate dai fiumi in mare; la parte principale deriva dalle sabbie più o meno pesanti che i fiumi in ogni stato, che superi quello delle acque basse di corso stabilito, fanno strisciar lungo il letto dei loro ultimi tronchi.* »

1402. * Gli avversarî della formazione dei Delta con i materiali de' fiumi stessi, adducono per ragione che quei grandi depositi sono presso che esclusivamente formati da sabbie, mentre che i grandi fiumi, non avendo quasi più pendenza verso

la foce, convogliano al mare molta melma e pochissima sabbia. Certo che nelle acque magre deve ciò verificarsi, perché debole in allora la velocità alla superficie, più debole deve essere al fondo, e quindi non capace di trasportar sabbie. « Ma, dirò colla grave autorità del Lombardini, ma quando un corso d'acqua ripete il suo movimento dalla pressione per effetto di un carico o battente da cui venga sollecitato, la velocità va invece crescendo dalla superficie verso il fondo ». E, dopo aver riferito un concludentissimo esperimento che a lui dimostrò questa legge, soggiunge: « A tal causa sembra attribuibile la disposizione del fondo dei grandi fiumi per l' ultimo tronco prossimo alla foce in mare. Imperocché, mentre in magra il pelo d'acqua costituisce una curva concava riducendosi da ultimo ad essere presso che orizzontale; in piena invece la curva diviene convessa con notevole accrescimento di pendenza mano mano che si approssima alla foce, la quale pendenza viene a far ivi le veci di un carico o battente. » E così rende la velocità dell' acqua nel fondo capace di farvi strisciar le sabbie sino al mare, quando già non fosse tale per la molto aumentata velocità alla superficie.

1403. * Dopo i colossali e magistrali lavori dei padri nostri, che abili nel governo dei fiumi, furono per tempo fondatori della scienza delle acque specialmente torbide (106); e dopo i preziosi scritti di così degni continuatori, come sono ad esempio un Lombardini ed un Paleocapa, cui si è data occasione di addentrar bene cotal soggetto, crederei abusare della pazienza del lettore, se m' internassi maggiormente in questo argomento. Io, per dire esattamente, non potrei che copiar quello che essi tutti hanno detto. Ma se dalla loro parte riconosco star la vittoria contro quelli che pretendono che i fiumi non abbiano parte alcuna o ben limitata nel protendimento delle spiagge, e mi passo dal ripetere quant'essi già dimostrarono; trovo però conveniente trattenermi alquanto intorno al dovere evitare l' altro eccesso, il quale consiste nel volere che i soli materiali trasportati dai fiumi siano causa della protrazione dei lidi: mentre è certo che alcuni estesissimi tratti di lidi mediterranei ed oceàni si protraggono senza ricevere materiali dai fiumi, che ivi non esistono, e neppure dalle aderenti

rive marittime, e senza bisogno della corrente littorale. Ecco parte delle prove in questo articolo, e nel seguente il complemento.

1404. Particolareggiate indagini fatte dal Marchal ci mostrano, che *l'apport fluviatil est inférieur à* $^1/_{45}$ *de l'apport marin dans la formation des polders de la Hollande.* Di modo che, nelle sue conclusioni ci dice: *si les rivières ne charriaient jamais aucunes matières, la navigation des parties supérieures serait toujours bonne; mais la navigation de l' embouchure ne serait pas sensiblement améliorée.* Monnier ha scoperto, e con scrupolose indagini verificato, che *la barre de Bayonne se forme de sable fin, mêlé d' une grande quantité de graviers principalement quartzeux qu' on ne trouve ni dans l' intérieur ni à l' extérieur de l' Adour.*

1405. Lo stesso fatto ha di poi verificato ed avvertito anche Mougel-Bey.

1406. Dalle foci del Tevere sino al monte Circèo, cioè per la lunghezza di sessanta miglia, noi abbiamo spiaggia sottile e progressiva. « Allorché, ripeterò col citato professor Ponzi, allorché noi ci accostiamo al mare, siamo veramente sorpresi nel vedere imminensi tratti di paesi ingombri di un sabbione arido incoerente, su cui a stento si muove il piede, e sul quale la vegetazione si fa rara sempre più, finché del tutto scomparisce. La superficie di questa sabbia colpita dal vento può dirsi in un continuo movimento, avvegnaché vedesi increspata in direzione traversa al vento che soffia e le crespe camminare a modo di piccole dune. Quantunque soggette a questo rimescolamento di superficie, pure vedute in grande, sono esse formate di letti stratificati indicanti bastantemente la loro nettuniana origine. Gli elementi di cui risultano formate queste sabbie, sono per la massima parte di natura silicea e calcare.»

1407. Per spiegare questo vasto insabbiamento si è da taluni creduto, e tra questi dal Linotte, che il Tevere n'era la causa, e, secondo lui, i materiali che ostruiscono il porto in Anzio sono quegli stessi scaricati dal detto fiume; ma io invece sostengo che l' influenza di questo gran corso di acqua si limita a piccola distanza da sinistra della sua foce di Ostia. Ed eccone la ragione. Dalla detta foce al monte Circèo la spiaggia

corre per Sud-Est circa , ad eccezione delle due accidentalità fra Anzio ed Astura , e da questa al Circèo. Egli è noto che i venti regnanti in questa spiaggia sono dal Sud-Est, il dominante è il Sud-Ovest, e che quest'ultimo è anche la traversía. Coll'azione de' primi i materiali del Tevere sono trasportati alla destra di esso e non alla sinistra ; ed in fatti, osservato dalla spiaggia, o meglio dalla cima della torre di Fiumicino, il colore più denso della vasta zona torbida che si sviluppa lungo il lido, si trova sempre a destra. Coll' azione dell' ultimo, cioè quello di traversía , i materiali stessi sono respinti normalmente alla spiaggia, ossia non hanno moto notevole lungh'essa. All'azione generale de' venti di sinistra si unisce anche quella della corrente littorale, la quale debole in tempo calmo, è forte col soffiar di quelli e concorre ad operare nel verso di essi, come abbiamo veduto nell'antecedente articolo. Quindi è che per la potenza de' flutti di sinistra e per quella della corrente littorale, la torba del Tevere è obbligata a svilupparsi lungo la destra spiaggia. Quella parte de' materiali di esso fiume che i venti di Ovest e quelli di Nord-Ovest , generalmente miti a confronto degli avversarî loro ed agenti contro corrente , convoglieranno verso la sinistra delle sue foci, niuno potrà credere, io mi penso, che possa essere la causa di quel lungo e largo insabbiamento, e molto meno i piccoli e poco durevoli flutti creati da essi venti somministrare i materiali del Tevere al porto di Anzio , a trenta miglia di distanza e sopravvento , secondo la costituzione di questo littorale. Una o due sciroccate bastano a distruggere e spazzare il circoscritto lavoro di un anno dei venti opposti.

1408. Se da questa argomentazione passiamo all' analisi fisica de' materiali convogliati dal Tevere al mare , secondo le ricerche microscopiche inedite del Ponzi , le cui risultanze gentilmente mi ha favorito, rileveremo che essi si compongono: « 1.° di esilissimi e brillanti granellini di Quarzo jalino: 2.° di particelle calcaree, gli uni e le altre essenziali alle sabbie plioceniche : 3.° di piccolissimi cristallini di Pirossene nero, pezzetti di Leucite e di Olivina, Peridoto verde, e pagliette luccicanti di Mica, materie tutte formanti parte integrale dei tufi vulcanici romani e viterbesi : 4.° di gusci di Elici, residui di

vegetabili, avanzi di opere manufatte, ed altri rimasugli che, caduti nell'acqua, furono dalla corrente tiberina trasportati. » Al di là del breve limite da me accennato alla sinistra della foce di Ostia, la spiaggia è costituita « da materiali più grossi indicanti un attrito fluviale minore e una maggiore forza di traslazione marina. In essi non si rinvengono che poche di quelle quisquiglie cosí frequenti nelle acque del Tevere, specialmente dopo aver passato pei luoghi abitati; ma invece valve separate e frammentarie di Donaci, Cardini, Mattre e di altre conchiglie arenicole, miste a gusci di qualche piccolo mollusco abitatore delle nostre coste ».

1409. Accampato per oltre un mese presso la foce di Rosetta, nella citata spedizione in Egitto (1270), ho potuto più volte verificare in gran parte quanto Jomard racconta sopra la formazione e le vicende degl' insabbiamenti del delta del Nilo sulla battigia del mare: *Souvent*, egli dice, *je restais une heure entière à considérer dans son origine et dans sa marche le phénomène de la formation des sables: je voyais les vagues se briser et apporter une petite ligne à peine sensible d'un sable très-fin, une autre vague revenait chargée comme la précédente, et cette nouvelle ligne de sable repoussait un peu la première: celle-ci une fois hors d'atteinte de l'eau, frappée par un soleil ardent était bientôt sêchée et donnait prise au vent qui aussitôt s'en emparait et la charriait dans l'air. Les parties de gravier moins légères n'arrivaient pas aussi loin, mais soumises au mouvement alternatif, s' usaient de plus en plus, et se transformaient peu à peu en sable.*»

1410. Nel convenire sulla ipotesi del Marchal e nel ritenere per verissimi i fatti da lui, dal Monnier, dal Ponzi e dal Jomard riferiti, credo dover confermare esser vero puranche che l'origine o l'aumento del delta de' nostri fiumi è il prodotto dello scarico de' fiumi stessi (1401). Quando anche il mare non recasse materiali al delta del Tevere, del Po, del Nilo e di altri, esso sarebbe non molto inferiore della massa presente; perché quei detriti del fondo del mare, che il moto ondulatorio normale alla fronte del delta vi trasporta e deposita formandone punta inoltrata tra le foci, vengono dallo stesso moto, quando è inclinato, tolti e trasportati a destra od a sinistra (1296). La

debolezza delle correnti di marèe del mare nostro, quella littorale, che di sua natura è pur essa debole e non rade il lido, pochissima parte possono avere nella composizione dei Delta e nello spandimento a grandi distanze delle materie scaricate dai suddetti fiumi; e ciò spiega senza dubbio la rapida e vasta estensione de' nostri delta, e quella tarda e limitata de' fiumi studiati dal Marchal e da altri nell' Oceano.

1411. D' altra parte è però ugualmente certo che alcuni tratti de' lidi mediterranei ed oceàni si protraggono senza ricevere materiali dai fiumi, e neppur dalle rive marittime. « Le coste dell' Italia meridionale, leggo in Rivera, hanno lo sviluppo di 1500 miglia e di esse almeno 1100 miglia consistono in dune di considerabile larghezza per le progressive protrazioni delle spiagge. Sono maggiori le protrazioni ne' tratti adiacenti alle foci de' fiumi e torrenti che trasportano nel mare più copiose alluvioni, dopo le imprudenti dissodazioni de' monti. *In alcuni altri tratti* ne' quali le correnti littorali non producono corrosioni, *appiè delle rupi comunque s' innalzino quasi a picco, si veggono formate larghe spiagge in guisa che dal capo dell'Armi fino a Taranto, tranne alcuni promontori sporgenti, si può andar co' carri lungo la duna.* »

1412. D' Orbigny assicura che « *des sédiments considérables* si depositano sopra le coste *où il n'éxiste aucun affluent terrestre* come quelle del Chilì, della Bolivia e del Perù » : e considerabili insabbiamenti, egli ammette anche, in quelle coste ove *il ne pleut jamais*, citando quelli che si sviluppano *depuis Coquimbo jusqu'à Guayaquil.*

1413. * *La mer Rouge*, nota la ripetuta Commissione (102), *ne reçoit aucun cours d' eau; les côtes, généralement formées de roches dures, résistent à l'action destructive des vagues. Les dépôts alluvionnaires qu' on y rencontre proviennent des débris de coquilles et de madrépores rejetés sur les rives, et des vases et des galets que les pluies d'orage, très-rares, mais torrentielles sous ces climats, entrainent à la mer.*

1414. Ed il Marchal, più specialmente impegnato in questa ricerca, mi conferma che nelle coste stabilite, cioè non soggette per la loro durezza a corrosioni, si hanno rilevanti accumulamenti di materiali. *En résumé*, egli dice, *nous avons*

d'abord montré, par l' exemple de la baie du mont Saint-Michel, que dans la Manche la mer agissant seule, même sur des côtes à rochers cristallisés, éxerce une puissance d'apport considérable, que nous avons évaluée pour la seule baie du mont Saint-Michel à 600000 *mètres cubes par an.* Cosicché per me non vi ha dubbio alcuno che nel fondo del mare l' agitazione de' flutti faccia una potente triturazione dalle materie mobili, tra le quali debbono essere comprese le conchiglie, e così somministrare la sostanza calcare che vi si rinviene; e i flutti stessi quasi esclusivamente (e non la marèa , come crede il citato Marchal) trasportino poi i materiali così preparati e formino le rive di lunghi e larghi tratti di littorali. Passo senza più al secondo titolo di questo articolo; che tratta del prodotto dei materiali proveniente dal consumo delle coste.

1415. * La corrosione di un lido deriva dal grado di consistenza e dal volume dei materiali che lo costituiscono, e gli effetti di essa sono in rapporto colla direzione e potenza dei flutti e dei cavalloni regnanti o dominanti che trasportano, e di traversia che scalzano ed accumulano (1296).

* Ho già avuto occasione di far notare con Leonardo, Tadini, Pilla e Paleocapa (656, 691 e 692), come accade questo lavoro preparatorio; ma uno studio speciale su di esso ebbe più che ogni altro occasione di fare Lamblardie, padre, e magistralmente lo eseguì, rendendolo inoltre, con molta chiarezza, di publica ragione. Da esso si desume che in ogni anno la costa dell'alta Normandìa *était détruite au moins d'un pied* (0^m,33) *réduit sur toute sa longueur.*

1416. * Dopo di lui, non pochi ingegneri e geologi francesi ed inglesi hanno trattato sullo stesso argomento per le due coste del canale della Manica. Il Marchal fra gli altri ha calcolato che in detto canale, *au minimum*, un volume di dieci milioni di materie grosse e fine ogni anno il mare ha corrose in alcuni tratti di quei lidi, *et qui*, egli aggiunge, *doivent trouver leur place quelque part.* E questa parte egli stesso la indica in altri punti del littorale del Nord, che sono a sottovento dei siti corrosi, ed anche a notabile distanza.

1417. * Il più recente , che di questo argomento abbia in modo speciale trattato e che io ho sott' occhio, è il Plocq

che già ho avuto occasione di citare. Questi, riassumendo gli studî altrui ed aggiungendovi dei proprî, ci dà un particolareggiato quadro delle corrosioni e dei trasporti delle due coste del ripetuto Canale, e quasi direi che passo passo egli segue ogni battaglione di ciottoli, ogni reggimento di ghiaje ed ogni legione di arene, e ne registra il loro viaggio accelerato o ritardato secondochè lo spazio da percorrere, sempre a sottovento del sito corroso, sia libero o ingombrato da qualche opera sporgente naturale, ed anche artefatta, come già abbiamo veduto essere stato registrato ancora dal Chevallier (1316).

1418. * Se è noto un siffatto lavoro dei flutti al di là delle Alpi, non lo è meno tra noi. « Non vi ha in fatti chi non sappia, leggo in de Fazio, che le spiagge del mare in alcuni luoghi si protraggono, in altri si ritirano, ed in non pochi rimangono invariabili o per la coerenza delle materie che oppongono agli urti delle onde, o per la situazione che le spiaggie istesse serbano con la direzione de'venti dominanti. Quanto ciò sia evidente e vero, si può ben raccogliere dalla testimonianza di numerosi monumenti combinata con la osservazione di recenti fatti. Ravenna al tempo de' romani era sul mare con un magnifico porto, ora ne rimane lontana tre miglia in circa: il porto di Ostia, fabbricato alla foce del Tevere dall' Imperatore Claudio, si ritrova presentemente più di un miglio di distanza dall' attuale sbocco del Tevere in mare: l'antico porto Pisano parimente giace ora molto lontano dal lido del Mediterraneo; la torre Panfilia, edificata nel pontificato d' Innocenzio X alla foce del ramo del Po d'Ariano, chiamato porto di Goro, nel 1716 era dal mare distante quasi per due miglia. Non finirei mai se accennar volessi tutti i luoghi in cui la spiaggia si è prolungata, e dove tuttavía continua ad estendere i suoi acquisti. Per l' opposto non mancano numerosi esempî di spiagge corrose dagli attacchi dell' onde, che hanno qualche volta pur distrutto de' quartieri interi di villaggi piantati sul lido del mare. E per non uscire dal cratere di Napoli, quante fabbriche costrutte dai Romani sul lido di Pozzuoli non si veggono presentemente cinte tutte dal mare? Le dieci colonne di granito alla base di *Montenuovo*, le quali probabilmente appartennero al tempio delle Ninfe, restano ora nel mare

molto distanti dalla terra: più innanzi dello stesso sito, oltre che vi si veggono cinte da mare le rovine di molti ragguardevoli edifici, si osserva parimenti nel golfo di Baja il tempio di Ercole molto lontano dalla terra ec.

1419. * « La memoria di fatti simili, ed antichissimi ci è stata conservata fra gli altri dall' insigne poeta di Sulmona nel XV lib. delle Metamorfosi v. 287 a 295.

« *Fluctibus ambitae fuerant Antissa Pharosque*
Et Phoenissa Tyros; quorum nunc insula nulla est.
Leucada continuam veteres habuere coloni
Nunc freta circumeunt: Zancle quoque iuncta fuisse
Dicitur Italiae: donec confinia pontus
Abstulit, et media tellurem reppulit unda.
Si quaeras Helicem, et Burin, Achaidas urbes
Invenies sub aquis, et adhuc ostendere nautae
Inclinata solent cum moenibus oppida mersis. »

1420. * Il lavoro di triturazione e di trasporto de'materiali deve cominciare ad essere attivo dal punto, ove l'onda si frange sotto la superficie del mare, e deve essere in piena attività dal punto, ove il flutto si frange anche sopra la superficie: questi punti sono più o meno distanti dalla riva secondo l'estensione del mare, l'esposizione del lido, la natura e la forma del letto subacqueo. L' esperienza del sito e l' induzione dedotta dai fatti, ci guidano con sufficiente esattezza alla determinazione di queste distanze. I fatti raccolti nell' articolo quarto del capo terzo e l'esperienza mia personale e quella altrui, mi assicurano che tanto nel Tirreno, quanto nell'Adriatico è sufficiente una ordinaria tempesta di un giorno ed anche meno di durata, specialmente se si tratta del mare Adriatico e di quello della Manica, perché i flutti si frangano alla superficie del mare a nove o dieci passi (metri 15 o 17) di acqua in un fondo di scogli; a sette o otto (11 o 13 metri) in un fondo arenoso; a quattro o cinque (7 o 8 metri) in uno di fango, ad uno o due (2 o 3 metri) in un letto di algha. Quindi questi fatti e questa esperienza ci danno, per i casi ordinari, una delle due distanze, cioè la più prossima alla battigia, ossia quella di massima attività pel disfacimento delle rive, per la macinazione e trasporto dei materiali.

1421.* I fatti raccolti nell'articolo sesto del citato capitolo ci mostrano che le onde, in circostanze non straordinarie, nel mare Adriatico ed in quello della Manica urtano colla base nel fondo giunte che sieno in trenta metri di acqua, e nel Mediterraneo in metri quaranta. Questi fatti e l' induzione mi dettano che in tali profondità l' onda sia franta sotto la superficie del mare, perché ogni urto di massa liquida contro un ostacolo produce infrangimento di essa. Quindi questi fatti e questa induzione ci danno, per i previsti casi, la distanza maggiore ove ha principio il lavoro di triturazione e di trasporto.

1422. * Nel golfo di Lione, per citare ancor qui un esempio, dalla riva ad oltre quattro chilometri al largo e sino a 20 passi (32^{m}, 50) di fondo, *le sable est promené de l'est à l'ouest par l' action réunie de l'oscillation profonde des vagues et du courant que la tempête détermine*, siccome, guidato dall'esperienza, ha registrato Raffeneau de Lile.

1423.* Lo spazio occupato dalla fascia delle ghirlande de'terreni avventizi io credo che in ogni caso sia il campo di massimo lavoro per i flutticorrenti del fondo e per le risacche del fondo.

1424. * Ridurre in cifre numeriche la massa dei materiali portata dagli affluenti terrestri alla macina e al vaglio del fluttocorrente del fondo; unirvi quella che il mare franto da per sé stesso mina e stacca dai lidi, ed al medesimo lavorìo dell'altra sottopone, non che quella che in forza di altri agenti in mare si precipita e tra le altre si mescola; in somma ridurre in cifre la massa totale dei materiali che per questi titoli si tritura, si separa e viaggia da un punto all'altro dei littorali del globo, è al di là delle forze mie, ed ignoro che altri l'abbia calcolata. Io mi permetto solo di dire che credo la ripetuta massa in movimento ovunque notabile ed in alcuni lidi imponente; e credo che essa nei mari nostri entri per un cinquanta per cento nella massa totale dei materiali tutti che protraggono i nostri lidi ed ostruiscono i nostri porti, come spero darne ragione nel trattare il terzo titolo, che, come ho detto in principio, forma soggetto del seguente articolo speciale.

ARTICOLO NONO

LUNGHE E VASTE ZONE DI TERRENI ALLUVIALI SUL LIDO DEL MARE PRODOTTE DALLE SPOGLIE DE' CORPI ORGANICI SUBACQUEI

« La lingua non basta per dire, né la mano per iscrivere tutte le maraviglie del mare! »
CRISTOFORO COLOMBO

1425. * Nel 1853 il de la Beche proclamava e lo proclamerebbe anch' oggi, ne son certo, che: « Lo studio del modo come le conchiglie di molluschi, e delle parti più solide di animali marini in genere, sono gettati sul lido; lo studio delle profondità dalle quali questi materiali possono essere trasportati per l' azione delle onde presso il lido e per quella dei flutti franti sul lido istesso (*may be borne by the action of on-shore waves and breakers*); ed in fine lo studio delle varie disposizioni dell' insieme, conchiglie rotte o triturate in istrati dal punto in cui si accumulano a guisa di ordinarî detriti a varie profondità nel mare, fino al loro gettito sulla terra, largamente ricompenserà l' osservatore anzioso di paragonare il modo con che questi avanzi sono ora distribuiti e disposti, con quello degli avanzi organici trovati negli scogli fossiliferi. Egli può talvolta vedere l'azione impellente del piccolo sciaguattamento del mare (*of the small wash*), che sospinge le conchiglie più grandi e i frammenti loro dinanzi di esso in luoghi convenienti, accumulando colà in massa quelle che possono essere state distribuite dall' azione del flutto spezzato (*by breaker action*) lungo una linea di lido, mentre altra volta egli troverà le conchiglie così saldamente incastrate fra le commessure e le crepaccie degli scogli, da essere difficile a rimuoverle. »

1426. * Non é mio intendimento di aspirare alla soddisfazione promessa dal de la Beche, perché non scrivo un trattato di geologìa: per me è sufficiente la dimostrazione delle parti del sogetto comprese nel titolo di questo articolo; mentre il mio scopo è quello di provare che i materiali delle spoglie di quanto ha vita nel mare contribuiscono non poco all' aumento dei lidi,

che l'onda è il principale ed il più potente veicolo di essi dalla superficie al letto del mare, situato in profondità ben molto maggiore di quella in oggi ammessa (642 e 654), fino sopra il lido, e che la fertilissima natura di essa vita non cessa mai di fornire materiali ad un attivo lavoro di trasporto. Tuttavía nutro speranza che il geologo di professione, riunendo i diversi elementi sparsi nei differenti articoli dell'intero mio libro, trovi in essi molti dati per rispondere adequatamente all'appello del citato illustre scrittore.

1427. * Dividerò in tre punti queste investigazioni, che sono: abbondanza della vita sottomarina; distribuzione di essa; prodotto sopra i lidi delle spoglie della medesima.

Abbondanza della vita sottomarina.

1428. * Il Marsigli rassomigliava il fondo del mare ad una botte, « la quale contenendo il vino per molto tempo sembra essere nel suo interno *de lie et de lartre bien qu' il soit veritablement de bois*, e di fatto lo scandaglio dà *fort rarement un fond de roche* che, secondo lui, sarebbe il vero fondo, ma dà invece, quasi sempre, del fango, dell' arena, dell' erba putrida, del tartaro, delle conglutinazioni arenose di terre, di conchiglie, e di tanti altri corpi uniti. »

1429. * Il Donati parlando del fondo dell' Adriatico così si esprimeva: « Ciò che a mio giudizio è più considerabile ne'fondi del nostro mare si è una certa crosta, o *cotenna*, composta di crostacei, testacei e poliparî con arena e terra frammeschiati ed impietriti in buona parte. »

1430. * E questi medesimi prodotti, e più specialmente la flora di questo mare, contemporaneamente e con non minor dottrina e rigoroso esame del Donati, furono dal Ginanni classificati e descritti, rendendo nel tempo stesso anch'egli testimonianza di quanto sia abbondante la riproduzione della vita organica sottomare.

1431.* Dopo i sopraccitati, e quando ancora il piombino non era sceso negli abissi dell' Oceano, anche il Malte-Brun scriveva, « che *le fond du basin de la mer est presque partout* abitato da una immensa quantità di animali testacei, o coperto da rene o ghiaje. »

1432. * In seguito, gli scandagli fatti dal Berryman e dal Brooke hanno confermato, nella parte relativa alla vita sottomarina, le previsioni dei nominati fondatori della geografia fisica del suolo del mare, dando dei saggi sulla natura del fondo dell' *altissimo mare*, in quella linea, compresa dai banchi di Terranuova all'Irlanda nella quale il piombino scese dai 1500 ai 2000 *fathoms* (metri 2745 a 3623) di profondità. I detti saggi vennero spediti al Bailey, eminente microscopista, perché l'esaminasse; e questi, dopo molta accurata osservazione, fu sorpreso che tutti i ripetuti saggi del fondo di quel mare, fossero costituiti di microscopiche conchiglie. Niuna particella di arena e ghiajetta (*of sand or gravel*) esisteva tra essi.

* Gli accennati saggi contenevano esclusivamente conchigliette calcaree chiamate *Foraminifere*, ed un piccolo numero di conchigliette silicee chiamate *Diatomacee*; ed avuto riguardo alla grande profondità, ove esse sono state trovate, non vi è probabilità, nota il Maury, che questi animaletti possano ivi vivere

1433. * È noto che ulteriori e moltiplicati scandagli, in luoghi anche più profondi ed in paraggi differenti, hanno dati i medesimi prodotti, di guisa che il Maury, animato da poetici concetti basati sulla verità, ebbe a dire: « La dove si nasce difficilmente può dedursi che si troverà anche la tomba. Tale è la condizione del regno animale. Ma prima d'ora non ci accadde mai di considerare la superficie del mare come una vasta mangiatoja, ogni crespa spumante come una cuna, ed il fondo come un immenso cimiterio (*Where there is a nursery, hard by there will be found also a grave-yard. Such is the condition of the animal world. But it never occurred to us before to consider the surface of the sea as one wide nursery, its every ripple as a cradle, and its bottom one vast burial-place*). »

1434. * E passando a svolgere questo suo primo concetto, egli soggiunge ancora: « Sappiamo che l'Oceano formicola di esseri viventi. Il mare è l'elemento ove la vita maggiormente si sviluppa tra i quattro elementi degli antichi filosofi, il fuoco, la terra, l'aria e l'acqua. » E conclude: « La comparazione tra le forze vitali che si sviluppano sulla terra e nell' atmosfera

con quelle che si trovano in attività nel mare, ci mostra la povertà delle prime in confronto delle altre. »

1435. * Ed in vero. « Le acque, ci aveva già detto de Humboldt, hanno molto più abitatori che le parti solide della terra. Sopra una superficie meno svariata di quella dei continenti, il mare racchiude nel suo seno una *esuberanza* di vita, della quale verun' altra regione del globo può dare un idea. » E Carlo Darwin ha notato, con ragione, « che le nostre foreste terrestri non mantengono, molto verisimilmente, tanti animali quanto quelle del mare. »

1436. * Alcide d'Orbigny, parlando delle indicate conchiglie foraminifere (1432), aveva già registrato: « Nei nostri giorni esse esistono ancora in tutti i mari, sotto l' equatore come sotto i ghiacci polari. Sopra taluni lidi esse non contribuiscono meno *que les polypiers à relever le fond du sol par leur prodigieuse multiplication.*

« *La drague et la sonde*, egli dice altrove, ci hanno sempre dato da 60 a 100 metri di profondità in Teneriffa, come sopra tutte le coste profonde del Chili e del Perù dei sedimenti *remplis de foraminifères.* »

1437. * E le non meno importanti ricerche dell' Ehrenberg hanno dato risultamenti, che sono in perfetto accordo con quelli ottenuti dal d' Orbigny.

1438. * Cosicché, le spoglie di queste conchigliette abbondano in tutti i mari ed in tutte le profondità, cioè tanto nel basso, quanto nell' altissimo mare. Alcune trasportate al di sopra dell' indicate grandi profondità dalle pelagiche correnti ed ivi per il loro proprio peso col tempo cadute, sono perdute per il lavoro della composizione dei lidi; avvegnaché negli abissi non giungano né correnti, né onde; ivi regna il riposo, e però ivi restano. All' opposto lunghesso i lidi il moto è incessante: quivi, a profondità più o meno notabile, tutti i corpi morti, ed anche i vivi, di animali o di vegetali che sieno, interi o franti, sono scalzati, trasportati e gettati alla terra, meno una parte dei sopra indicati tenuissimi esseri che dalle risacche primo, poi dalle littorali correnti e quindi da quelle pelagiche, sono altrove trasportate per tappezzare il fondo dell' altissimo mare, che la mancanza di vita lascerebbe scoperto.

1439 * Questa perdita di corpi per il prodotto del lavoro di cui tratto, è però in certa guisa compensata dal maggior volume e peso che hanno gli altri corpi, abitatori anch'essi di limitate profondità, i quali per la loro gravità specifica non sono trasportati all' alto mare dalle risacche e dalle correnti, come qui appresso vedremo.

1440. * Con questa osservazione non intendo già di diminuire l' importanza delle conchiglie microscopiche nell' aumento dei lidi, e nell' ostruzione dei porti, per le quali, malgrado la tenuità di esse, *leur multiplication rapide et presque infinie*, come nota il d'Archiac, *supplée à leur extrême petitesse, et les accumulations de leurs depouilles dans les bassins des mers tendent à augmenter aussi les sédiments qui s' y déposent*; ma mi vale l' avvertire colle parole del d' Orbigny che « *Les corps organisés en nature montrent encore*, secondo gl' importanti lavori degli ingegneri idrografici, *que les fonds sous marins les plus communs sur tous les atterrages du monde, sont sans contredit formés de bancs de coquilles plus ou moins brisées.* » Di quelle conchiglie cioè di volume ben molto maggiore delle foraminifere e delle diatomacee ; delle quali più grosse conchiglie abbiamo già avuto occasione di notare, negli scandagli registrati all'articolo *ghirlande di terreni avventizî*, la particolarità cui qui allude il d' Orbigny. Quindi si può concludere con la competentissima autorità del d' Archiac, che *dans toutes les mers, une grande quantité de coquilles habitent les vases sableuses ou boueuses.*

1441. * Oltre agli accennati esseri sottomarini esistono ancora quelle miriadi di famiglie di polipi sassigeni o pietrosi che, specialmente nei mari de' tropici, fabbricano, ed in grandissimo numero, dei banchi, delle lunghe corde di bassi e delle fondamenta di isole, una delle quali il Beechey misurò avere sino a trenta miglia di diametro ; quantunque debbano, nella fabbricazione, lottare *sans cesse contre les flots d'un Océan sans bornes et sans fond*, come nota il d' Archiac.

1442. * Ecco come il Maury leggiadramente descrive la formazione di queste isole. « Quando i grandi condotti della natura, come possono chiamarsi i grandi fiumi, hanno scaricato le loro acque nel mare, essi non hanno, come i condotti artificiali in una

città quando si sono vuotati dentro una fogna, compìto peranco il loro officio; le conchiglie, i banchi di sabbia, egli scogli di corallo sono formati principalmente dai materiali raccolti dalle pioggie e dalle acque scorrenti giù per le montagne, sui piani e nelle vallate, trasportati con altri sali al mare, e dalle correnti dell' Oceano distribuiti ai suoi abitanti nella debita quantità e qualità, all' epoche e nei luoghi acconci. Di tali materiali sono state costruite le isole di corallo e i banchi del Pacifico. La piccola creatura che fa questo lavoro è un animaletto del mare chiamato Polipo (*Coraline*). Esso non è nemmeno grande quanto uno di quei verminetti che stanno dentro il cacio. Come le piante traggono dall' aria il loro alimento, così esso segrega dall'acqua i mattoni e la calce, in questo modo chiamando noi i materiali necessarî al suo lavoro di costruzione. Esso non può andare attorno in cerca di nutrimento, né prendere da una cava di pietra o dagli strati marnosi sui fianchi d' una montagna i materiali per i suoi edificî, i quali sono più stupendi e più grandiosi di quanti siano mai stati eretti dall' uomo con tutta la sua arte, pensieri ed applicazione. Le correnti del mare gli portano tutto questo. Lungo le coste dell' Australia esiste un banco di corallo lungo un migliajo di miglia. Alcune delle più belle e più piacevoli isole del mare sorgono sopra fondamenta gettate sul fondo dell' Oceano ed innalzate fino alla superficie da siffatti muratori. Ciascuno di essi è attaccato al suo piccolo lavoro, e vi è condannato ad attendere che il cibo gli venga portato dagli agenti della natura dal Creatore destinati a suoi ministri per arrecare a quelli il cibo nelle dovute stagioni. Le obbedienti acque lo convogliano in quantità non mai manchevole. »

1443. * Né ciò è tutto. Un' immensa quantità di animali galleggianti nelle vaste superficie dei mari e nei lunghi corsi dei fiumi alle rive finiscono. Infatti tutti i mammiferi, dice d' Orbigny, i rettili, i pesci, certi molluschi, la cui massa carnosa è più voluminosa e più pesante della loro conchiglia, come ancora tutti gli animali della stessa natura scaricati dai fiumi.... Delle altre parti organiche di esseri, come la conchiglia forata di celle aeree, dei Nautili, delle Serpule, e della Seppia, non possono, quando anche sono separate dall' animale, che

galleggiare, (non sempre, né tutti aggiungo io), giacché i meati o le divisioni che le formano, non hanno tra esse comunicazioni e tutte sono piene di aria..... »

1444. * Ora, la natura galleggiante di tutte queste spoglie e di tutti questi animali non permettendo loro di calare nei fondi del mare, li obbliga ad essere *jetées sur le littoral*, come osserva lo stesso d'Orbigny. E su quel littorale, aggiungo io parlando della massima parte di coteste spoglie, che più degli altri è battuto di fronte dal vento regnante o dominante di un dato paraggio.

1445. * Vi sono poi delle conchiglie leggere, le quali più facilmente delle altre pesanti sono travolte e trasportate dai flutti per essere gettate sui lidi, come sono le penne membranose e cartillaginose dei Calamaj, le Jalee, le Cleodore, le Ampullarie, Pettini, e tante altre minute conchigliole univalve e bivalve.

* « Raccogliete quel vecchio pezzo di legno, dice Berthoud, venuto Dio sa da dove, trasportato e sbalzato da più mesi, da più anni forse, *par le caprice des vagues... Des coquillages bleuâtres et à cinq pans le recouvrent et s'y tiennent vigoureusement attachés ; ce sont des anatifes.* »

1446. * I nicchi dei molluschi di acqua dolce, dopo la morte dell'animale e il suo disfacimento, divenuti più leggeri, sono facilmente trasportati dalle fiumane; e convogliati con i sedimenti, vengono in fine depositati *sur les côtes voisines* delle foci dei ruscelli, dei torrenti e dei fiumi *avec les produits marins du littoral*, come ha registrato il d'Archiac.

* « Lo stesso dicasi dei pesci di acqua dolce, aggiunge Beudant, le cui spoglie ponno essere contenute ne' depositi marini, poiché nelle grandi inondazioni i pesci dei fiumi non possono resistere alla forza delle correnti, e sono trascinati nel mare. Si hanno esempi di fiumi interamente spogliati di pesci dopo simili catastrofi. »

1447. * La vita vegetale marina non è superiore a quella terrestre siccome lo è quella animale; tuttavía non manca di essere abbondante. *Car la mer a aussi ses forêts*, come osserva de Humboldt, *ce sont les longues herbes marines qui croissent sur les bas fonds, ou les bancs flottants de fucus que les courants et les vagues ont détachés, et dont les rameaux*

déliés sont soulevés jusqu' à la surface par leurs cellules gonflées d' air.

1448. * E Schleiden ha notato che « la flora marina è *assez nombreuse et assez brillante* nella zona temperata; essa gradatamente diminuisce di ricchezza verso l' equatore e verso i poli. »

1449. * E se per taluno il già detto intorno alle conchiglie non bastasse, abbiamo sott' occhio la conferma di tali vaste e profonde zone di conchiglie e di altri prodotti sul letto del mare, nei terreni sollevati, di cui abbonda ogni continente ed ogni isola, e per i quali il de Buffon ebbe a notare :

* « *Le volume de ces productions de la mer est étonnant, et le nombre des dépouilles de ces animaux marins est si prodigieux qu' il n' est guère possible d' imaginer qu' il puisse y en avoir davantage dans la mer.* » Eppure è così; le susseguenti ricerche ci hanno provato che il mare è molto più popolato e molto più riproduttivo di quello che si credeva al tempo del citato illustre naturalista.

* « *C' est en considérant cette multitude innombrable de coquilles et d' autres productions marines,* continua lo stesso de Buffon, che non si puo dubitare che la terra nostra non sia stata, per lunghissimo tempo, fondo di mare popolato di tante conchiglie quanto lo è presentemente l' Oceano; *la quantité en est immense,* e, naturalmente non s' immagina che siavi stata nel mare una moltitudine così grande di animali; e però è solo dal confronto delle conchiglie fossili e pietrificate, che si trovano sulla terra, che noi possiamo averne un' idea. In fatti, non bisogna credere, *comme se l' imaginent les gens qui veulent raisonner sur cela sans avoir rien vu,* che si trovino coteste conchiglie all' azzardo, che esse siano sparse qua e colà o tutto al più in piccoli mucchi, come delle conchiglie di ostriche gettate fuori la porta : *c' est par montagnes qu' on les trouve, c' est par bancs de* 100 *et de* 200 *lieues de longueur, c' est par collines et par provinces qu' il faut les toiser, souvent dans une épaisseur de* 50 *ou* 60 *pieds, et c' est d' après ces faits qu' il faut raisonner.....*

* « *Mais je vais plus loin,* riprende egli, io pretendo che le conchiglie sono il mezzo che la natura impiega per formare

la maggior parte delle pietre; io pretendo che le crete (*craies*), le marne e le pietre calcaree, non sono composte che di polvere e di frammenti di conchiglie; *que, par conséquent la quantité des coquilles détruites est infiniment plus considérable que celle des coquilles conservées.* »

1450.* « *Si l'on y ajoute encore*, ribadisce il d'Archiac, *les restes de rhizopodes et de bryozoaires, dont Buffon ne s'occupait pas*, si troveranno le sue conclusioni molto giuste e sempre più confermate dagli studî moderni. »

1451. * Vari geologi inglesi sono d' opinione che il loro *chalk*, o la creta bianca, che formicola di un numero infinito di conchiglie e zoofiti, sia prodotto dal disfacimento delle loro conchiglie. Tali strati cretacei hanno molti metri di spessore.

1452. * Da questi cenni, e molto meglio ancora da quanto più estesamente ci mostrano gli autori qui sopra citati, dobbiamo ritener per fermo che la riva subacquea ed il fondo del mare sono veri cimiteri e nel tempo istesso perenni sorgenti di riproduzioni organiche. Vediamo ora come queste sono distribuite.

Distribuzione della vita sottomarina.

1453. * « L' innumerevole quantità di corpi organizzati, dice il Ponzi, distesa su tutti i punti, fino a non lasciare il più piccolo spazio privo di vita, forma un involucro generale che abbraccia l' intero globo, perché uno strato di vita di maggior spessezza sull'equatore si distende assottigliandosi verso i poli, e s' innalza per mezzo del volo nell' atmosfera come per il nuoto si deprime nelle acque dei mari, fino al punto dove la vita può sostenersi. »

* Egli è cosa certa che la fauna e la flora marittima è più abbondante di generi e di specie presso la superficie del mare e lungo i lidi, che a molta profondità sotto di quella ed a molta distanza da questi.

1454. * « Gli animali marini, dirò coll' Omboni, si possono distinguere in pelagici e costieri: i primi sempre in alto mare, molti pesci, cefalopodi e pteropodi, ed ogni mare od ogni regione ne può avere delle specie particolari; i secondi vivono costantemente sul littorale, e perciò la loro distribuzione è

soggetta alle influenze delle correnti, della temperatura, della configurazione del littorale stesso, della natura e del livello del fondo, ecc. »

1455.* « I molluschi ed i zoofiti marini, nota il Pilla, hanno bisogno di certe condizioni di luce, di temperie e di pressione per vivere. Essi non trovano più circostanze favorevoli alla loro esistenza ad una profondità maggiore di 600 piedi (metri 183), dove la temperie è molto bassa, e manca la luce che è un elemento assai essenziale alla loro vita, ed oltre a ciò sopportare dovrebbero una pressione di 200 libre per police quadrato (beninteso per vivere e non per frangersi aggiungerò io): se pur se ne trovano a tale profondità, devono essere poco numerosi, e di dimensioni più piccole. »

1456. * Il Forbes per la ripartizione della vita sottomarina ha stabilito otto zone distinte, dalla superficie del mare sino alla profondità di 420 metri, le quali presentano ciascuna un'associazione particolare di specie. La più alta di queste zone, che non discende oltre i metri 3, 65, è la meno spessa, ma la più ricca in ispecie di animali e di vegetali; essa è anche la più variata, circa la natura del fondo. La seconda si estende da m. 3,65 a 18; la terza da m. 18 a 36; la quarta da m. 36 a 64; la quinta da m. 64 a 100; la sesta da m. 100 a 144; la settima da m. 144 a 192; in fine l' ottava, la quale oltrepassa in spessezza tutte le altre riunite, si estende da 192 alla più grande profondità esplorata, da lui, che, come si è detto, è di 420 metri.

* Egli è da notarsi con l' autorità del citato celebre naturalista, che non solo il numero delle specie è molto minore nelle zone inferiori che nelle superiori; ma è d'avvertire ancora che al di sotto della quarta zona il numero di esse diminuisce *rapidamente*, e nella parte inferiore dell' ottava, esso non è più che di otto molluschi. Il che coincide coll' opinamento espresso dal Ponzi e dal Pilla intorno alla quasi deserta ultima zona della vita animale (1453 e 1455).

1457. * Il Löven, esaminando il fondo del mare sulle coste della Norvegia, è giunto, alle stesse conclusioni del citato Forbes per il mare Egeo. E il più volte ricordato d' Archiac ci toglie ogni dubbio dicendo: « D' altronde per legge generale il più *grand développement des forces vitales*, la più

grande ricchezza di produzione in tutte le classi dei due regni, si manifesta un poco al disopra e un poco al disotto della curva normale dello sferoide terrestre *ou du niveau des mers.*»

1458. * Queste esperienze del Forbes e del Löven sulla distribuzione della fauna e della flora lunghesso i lidi sotto la superficie degl' indicati due mari; quelle non meno importanti di Alcide d' Orbigny, eseguite in vaste estensioni nelle coste dell'America meridionale e su qualche punto di quelle del Mediterraneo; gli studî sullo stesso argomento del de la Beche, del Lyell, del d'Archiac, del Pilla, del Ponzi e di altri, sebbene, al dir del d'Archiac istesso, lasciano *encore beaucoup à faire dans cette partie de la zoologie géographique*, pure quelle esperienze e questi studî uniti a quelli da me fatti, ed esposti in questa opera, intorno alla profondità ove giunge attivo il moto ondoso, mi pongono nell'intimo convincimento che in ogni mare la profondità, cui si estende l'azione notabile dei più forti marosi, abbraccia il maggior numero delle indicate zone, e che la profondità ove giunge l'azione dei flutti, anche moderati, abbraccia le zone più popolate di animali e di vegetali.

* Esistendo in natura queste due condizioni, cioè l'accennata ripartizione della vita sottomare ed il ricordato moto, ossia, esistendo queste due potenze, produttrice l'una e disfacitrice l'altra; ed eseguendo il loro lavoro nel punto di massima azione loro, è facile ammettere un finale abbondante prodotto; ma per verità il fatto prova che questo prodotto è al disopra di ogni aspettativa. Eccone un saggio.

Prodotti sopra i lidi delle spoglie de'viventi sottomare.

1459. * Il prodotto dei polipi, di cui ho fatto cenno al numero 1441-1443 chiamasi terreno madreporico o di corallo.

* « Quando le isole prodotte dai coralli sono basse, scrive il Pilla, la loro formazione fuora il pelo delle acque è prodotta da un concorso di azioni, le quali sono state studiate dal Chamisso, e dal Nelson. Poiché i polipi hanno elevato le loro abitazioni fino al livello del mare, smettono i loro lavori. Nel tempo della bassa marea il calore del sole rallenta il tessuto della massa pietrosa producendovi molte fessure; le onde che si succedono la dividono in molti frammenti, ed in tritumi di diversa grandezza (608 e 1441), i quali li accumulano nelle porzioni

più elevate de'banchi: a compimento di quest'opera concorrono i venti, i quali sospingono ed ammucchiano le sabbie e le minutaglie marine in mezzo ai frammenti di polipi. A questo modo si formano lentamente delle dune emerse, le quali non sono più ricoverte dalle acque dell'alta marèa se non in qualche momento. Le dune così formate possono dare origine ad una massa pietrosa continua, composta di conchiglie e di frammenti di coralli cementati da una sabbia calcarea. I semi che i venti e le onde vi trasportano sopra, trovando un suolo favorevole al loro svolgimento, lo ricoprono di vegetazione, e così a poco a poco queste isole nuove diventano nidi di uccelli acquatici, ricettacoli d'insetti e di rettili, che vi possono essere trasportati per vari mezzi dalle onde del mare, infino a che l'uomo stesso non va a stabilirvi la sua dimora. »

1460. * I maravigliosi fatti raccolti dal Buffon (1449) erano già preceduti da quelli del Réaumur.

* « Deve essere ancora cosa sorprendente, dice Fontenelle, il soggetto delle osservazioni del Réaumur, quello cioè di una massa di 130,680,000 tese cubiche, *enfouie sous terre, qui n'est qu'un amas de coquilles ou de fragments de conquilles, sans nul mélange de matière étrangère, ni pierre, ni terre, ni sable.*

1461. * « Del resto, dirò con d'Orbigny, allorquando si esamina la composizione della rena di alcuni lidi, come quelli delle isole *Gallopagos* e di tutto l'arcipelago degli Amici nel Grand' Oceano, si conosce che essa è *absolument* composta di *fragments de coquilles et de coraux.* L'importanza della natura di questi sedimenti, egli conclude, *est donc bien constatée et non équivoque*, nella presente epoca, come essa lo è stata nell'epoche passate. »

1462. * « Il golfo del Messico *est bordé* per più centinaja di miglia, nota il d'Archiac, di un deposito unicamente di *Cyrena carolinensis* con qualche *Rangia cyrenoides* (Gnatodon). »

1463. * Ma lasciamo i mari lontani ed i depositi tra terra e ristringiamo le nostre ricerche a quei prodotti soltanto, che giornalmente si manifestano sopra i lidi e nei mari a noi più vicini. A me basta di essere consentaneo allo scopo precipuo di questa parte dei miei studî, il quale tende a riunire

materiale per risolvere le questioni idrauliche più che quelle geologiche come ho già avvertito (1426).

1464. * « Sopra molte coste oceaniche aperte, nota il de la Beche, noi abbiamo l'accumulamento di dune o tomboli per la massima parte composti di frammenti di conchiglie di molluschi (*for the most part, of fragments of mollusc shells*), ridotti in arena, gettati sulle spiagge e maneggiati dai venti, come la comune arena. Le coste occidentali della Irlanda, della Scozia e parte dell' Inghilterra, offrono molti esempi di questo fatto.

* « Questa rena di conchiglie è sempre impiegata come ingrasso; si sa essere stata così adoperata in *Cornwall* sotto il regno di Enrico terzo. Carew avverte l' uso di essa nel di lui esame intorno a *Cornwall* – *anno* 1602 – ed è anche al presente su vasta scala adoperata per l' agricoltura. Il sig. Worgan nel 1811 calcolò la spesa del trasporto di questa rena in *Cornwall* a più di trenta mila lire sterline per anno. Se ne ottengono delle grandi quantità (*large quantities*) nei siti arenosi di *Dunbar* nel porto di *Padstow*, la cui somma annuale è valutata a centomila tonnellate. Si è calcolato che cinque milioni e seicento mila piedi cubi di arena composta principalmente di conchiglie marine triturate, sono annualmente prese dalle coste di *Cornwall* e *Devon*, e sparse sopra la terra nell' interno, come concime minerale. »

1465. * Da Elia de Beaumont si cita pure un altro sito del *Cornwall*, la baja di *San Ives*, ove le dune sono formate da rena calcare *provenant de coquilles marines* polverizzate.

* Questo stesso gran geologo avverte ancora che le dune del *Cornwall* (di cui parla il de la Beche) *ont quelquefois jusqu'à cent mètres de hauteur*, e le medesime hanno *avancé*, nell'ultimo secolo, di guisa, che più poderi (*fermes*) sono stati coperti da esse.

1466. * Quali immense masse di frammenti conchigliferi non abbisognano per fornire il materiale a sì vasti e colossali lavori! Di più essi sono conservati ed accresciuti ancora ad onta della costante distruggitrice opera dell' uomo. Questo essere intelligente si è avveduto che *le sable ordinaire des dunes*, come nota il de Beaumont, *n' est pas susceptible des*

mêmes usages per l'agricoltura, e però quelle conchiglifere soltanto egli usa e quindi ne consuma enormi masse.

* E questa industria non è del solo popolo inglese ; ma di altri ancora, come per esempio di quello francese che abita lungo le *plages du grand Vey près d'Issigny*, siccome leggo nel più volte citato de Beaumont.

* Se poi all'opera dell'uomo uniamo quella del vento che ammassa, spande e sperpera sino a grandissime distanze le arene di ogni specie, asciutte che sieno, è facile comprendere di quanto aumentar deve la ricchezza ottenuta dal prodotto delle spoglie degli animali sottomarini per fornire costantemente e ad esuberanza il materiale a questi due potenti ed instancabili veicoli.

* Dunque, se alla grande quantità di animali galleggianti, che alla riva finiscono (1443, 1444 e 1446), uniamo quella anche maggiore degli animali pesanti, che per mezzo degli stessi motori alle rive si depositano, la massa totale grandemente aumenta.

1467. * « *Les animaux non flottants*, leggo in A. D'Orbigny, *sont souvent enlevés de leur habitation ordinaire par les perturbations naturelles, comme les coups de vent, les tempêtes. Les coquilles et les crustacés, blessés par le choc de la lame, sont alors enlevés des rochers et transportés au loin.* Allora ancora, le conchiglie sotterrate nella rena, e nel fango, come ad esempio le bivalve (Veneri, Tellina ec.), i Nautili, *et autres gastéropodes des sables, sont ramenés à la surface et poussés avec violence sur la côte, ou forment des amas, entre les bancs de sable.* Gli animali che non sono molto offesi procurano, allorquando cessa il movimento, di riguadagnare il loro naturale elemento; ma il più gran numero dei corpi sottomarini *enlevés de cette manière*, periscono e subiscono, in ragione della gravità loro, le stesse leggi della distribuzione dei sedimenti.

* « Le conchiglie pesanti, i coralli, sieno essi trascinati dalle correnti, o spinti dai flutti, seguono la stessa *répartition que les cailloux*. Essi raramente sono trasportati al largo, e restano più particolarmente sia presso le rive, sia sul luogo istesso ove hanno vissuto. Allorquando sono gettati alla costa, subiscono lo stesso consumo che *les cailloux*, *et se trouvent*

pêle-mêle, avec les cailloux et les ossements, sans former des lits horizontaux bien marqués. »

1468. * Ma avviciniamoci ancora più a noi; entriamo nei mari nostri ove, per talune condizioni locali, troveremo una fauna ed una flora anche più ricca.

* « La grande fauna mediterranea, ci dice Austen, è distribuita con sorprendente uniformità. » Essa è anche molto più abbondante che in altri mari; per esempio, lo stesso autore ha calcolato che il numero delle specie nelle tre regioni, Mediterraneo, mari britannici e quelli del Nord, è rappresentato dalle cifre 600, 400 e 300.

1469. * I poliparî che, come ho detto, abbondano nella zona torrida, non mancano tra noi. Molti esempi si possono citare nei nostri mari dei lavori loro. Leggo in Brocchi che: « Nelle colline subapennine sono copiose le spoglie di questi zoofiti, ma non ne ho veduto cumuli più voluminosi quanto nelle vicinanze di Castello Arquato nel piacentino, dove la *madrepora cespitosa* forma banchi molto estesi. »

1470. * Boccaccio, nato in Certaldo, doveva essere assuefatto a vedere fino dalla fanciullezza la gran congerie di testacei, di cui sono ripiene le colline di quel paese; e Leonardo, nato in Vinci, con ingegno da sapere e talento da volere essere in possesso dei misteri più reconditi della natura, hanno per i primi iniziato lo studio su questi resti del fondo del mare.

1471. * Beccari creò una *nouvelle conchyliologie*; descrivendo dapprima una piccola specie di politalamo di forma nautiloide, alla quale Linnèo dette il nome di *nautilus Beccarii*, ed essa è sì abbondante che, quantunque gl'individui che la compongono sieno quasi invisibili ad occhio nudo, pure il d'Archiac, a questo proposito ripete: gli organismi più piccoli *ont joué le plus grand rôle dans la formation des couches de sédiment.* Ed è sulle rive dell'Adriatico, e precisamente nei dintorni di Rimini e di Ravenna, *que les sables des plages sont presque exclusivement composés* degli accennati individui. Il Bianchi confermò la scoperta del Beccari e la estese al di qua degli Apennini; ed il Soldani mostrò in seguito l'esistenza di quelle miriadi di conchigliette nei littorali di Castiglioncello, di Massa, in quelli delle isole del Giglio, dell'Elba ec.

1472. * Le ricerche dei sopraccennati sono state poscia continuate da altri nostrani e stranieri. Spallanzani, per esempio, che osservò la riviera di Genova, tra Finale ed il porto di Monaco, sopra una estensione di settanta miglia, ha descritto il piede delle montagne che lambiscono il mare, come formato di un calcareo conchiglifero. E d'Orbigny ha finito per dire che: « La rena di tutti i littorali, è talmente ricca in conchiglie microscopiche di forme le più variate e le più eleganti, che sovente essa ne è composta di più della metà. »

1473. * J. Plancus (G. Bianchi) ne contava sei mila in un'oncia di arena sull'Adriatico.

1474. * La riproduzione poi di questi esseri marini è tanto sorprendente quanto lo è il numero di essi; e nel ripetuto d'Archiac se ne trovano registrati non pochi esempî. In conferma di quel che ci ha già detto d'Orbigny (1436), il Bailles nota che essi *remplissent les ports et forment des atterrissements.*

1475.* Gl'infusorî, le foraminifere, i polipi, osserva Tandon, esistono in mare a migliardi di migliardi. *C'est l'infini vivant!* Quindi si può a ragione domandare con Blerzy: *Ne semble-t-il pas que plus l'animalcule est petit, plus sa dépouille occupe de place dans l'univers?*

1476. * Difatti, « se noi giudichiamo dal loro gran numero in taluni paraggi *du rôle qu' ils jouent actuellement*, nota il più volte citato Al. d' Orbigny, ci sarà impossibile di dubitare che le spoglie loro non formino la maggior parte dei banchi di rena *qui gênent la navigation, obstruent les golfes et les détroits, comblent les ports*, e formano, come i coralli, quelle isole che sorgono tutti i giorni nel seno delle calde regioni del Grande Oceano. Per provarlo ci basterà un fatto che abbiamo constatato col prodotto di uno scandaglio comunicatoci dal sig. Lefèvre al ritorno suo dall'Egitto. *Ce sondage, fait au fond des eaux, à 35 pieds de profondeur dans les vases du port d'Alexandrie, nous a fait reconnaître que ses vases ne sont presque entièrement formées que de foraminifères, et que le dépôt successif de leurs dépouilles ménace de combler un jour ce port.*»

1477. * « Così, per finirla dirò col d'Archiac, *les infusoires, les rhizopodes, les polypiers, les radiaires, les bryozoaires*

et les mollusques testacés ont concouru et concourent encore plus efficacement à augmenter la masse des sédiments . . . »

* Diamo ora un' occhiata alle specie più voluminose.

1478. * « Le conchiglie marine, ci dice Chenu, si trovano in tutte le stagioni e sopra tutte le rive del mare, *après les grands vents qui ont porté à la côte.* » E qui egli intende delle recenti, gittate sopra quelle già esistenti ; e nota pure che si trovano ancora in questi casi, *quelques éspèces pélagiennes jetées par les vagues*, siccome già aveva avvertito il Ponzi (1213).

1479. * E tra le specie fossili, che tuttavìa hanno le analoghe viventi , Brocchi ha stabilito che avvene molte più nei nostri mari che in quelli lontani.

1480. * Il Pigonati scriveva nel 1781 che : « Riguardo alle conchiglie che si trovano petrificate o quasi petrificate nelle campagne di Brindisi, di Taranto e di molti luoghi della Puglia , a me non recano meraviglia , né motivo di ricorrere a'dotti fisici, che si han fatto sistemi della teoría della terra, né al diluvio universale ; ma li ripeto da quello, che si osserva giornalmente. Il mar picciolo di Taranto produce da estrarne una quantità incredibile di ostriche, di chiocciole e mituli: (sessanta mila cantara l'anno). Le provincie di Matera, Bari e Lecce ricevono giornalmente *vatiche* cariche di chiocciole e di ostriche. »

1481. * Il diritto della pesca delle conchiglie nel piccolo mare di Taranto, ricorda il Brocchi, frutta alla corte, ai conventi e ad alcuni particolari la somma di 21348 ducati (lire 96066), e 5615 (lire 24267) se ne ritraggono dall' imposta di asportazione.

1482. * « Una delle principali cagioni , ci dice il Paleocapa, per le quali la natura delle sabbie della spiaggia marina comparisce diversa da quella delle sabbie che escono dai fiumi, consiste nella grande copia di spoglie dei crostacei di cui tanto abbonda il golfo di Venezia. Coteste spoglie alternatamente sbattute e trasportate dal fiotto delle onde contro la costa , e dalla costa nuovamente trascinate abbasso sulla spiaggia sottile subacquea, sono finalmente frante e polverizzate, e si convertono in minutissimi granelli di sabbia calcari. »

1483. * Ed ho già accennato che il Donati riconobbe nel

fondo dell'Adriatico una cotenna, alta almeno da sei in otto piedi, composta di testacei, crostacei e polipai, *ben spesso rotti ed infranti, ed attaccati e nati sopra altri testacei e poliparj: fra tutti questi corpi sta frammischiata terra sabbia e ghiarra.*

1484. * La Sicilia ancora abbonda di sedimenti marini, e le conchiglie che li hanno prodotti *ne sont pas moins abondantes dans la mer actuelle*, siccome desumo dal d'Archiac.

1485. * Tutti i vasti deserti dell'Africa, ove il suolo è coperto di sabbia marina, devono contenere abbondanti vestigia di esseri, che popolarono quell'antico fondo di mare. Di questo fatto son convinto per ciò ch' io stesso vidi nelle adiacenze di Egitto nel 1840, quando in compagnia di Clot-Bey e di Linant-Bey fui ad osservare insieme ai miei ufficiali il bosco petrificato che sta a tre leghe Est di Cairo; ed in esso fui confermato, allorché dovetti traversare, accompagnato dal mio segretario cav. Ravioli, che ha parlato più volte di tali accidenti geologici, la *valle dello smarrimento* che giace tra il Nilo e il mar Rosso in direzione di Suez, onde visitare le cave di alabastro, da cui venivano estratti i grossi massi, che sotto la mia direzione e comando furono poscia imbarcati a Rosetta e portati su tre bastimenti alle rive del Tevere (1270). Ebbi occasione allora, come dico, di vedere a quando a quando sparse in mezzo alle sabbie conchiglie petrificate e monticoli interi di grandi conchiglie bivalvi non petrificate come appunto riferisce Girard nella descrizione che egli fa di questa valle, e Linant-Bey di quel bosco. Oltre a ciò nelle escursioni al *Mokatan* e alle piramidi di *Gizeh* vidi il tessuto calcare di quel monte e de'massi di que'monumenti formate di conchiglie lenticolari (nummuliti).

1486. * Venendo poi alla spiaggia tra il delta del Nilo ed il confine di Siria, ove ora sta compiendosi il bosforo di Suez, io non saprei meglio indicare la costituzione fisica di questo lido che riportando un brano del già citato giornale del Guglielmotti, ove è scritto:

* « Passeggiando lungo la riva del mare nelle vicinanze di Portosàido, non troverete né scogli, né pietre, né ciottoli, né alga, né erba: solo troverete rena grossa, e conchiglie sbiavate. La rena e le conchiglie formano larga zona biancastra tra il mare e la terra. Dal Villaggio arabo alla gittata sinistra

del porto, si cammina sempre sopra nicchi, che vi crosciano sotto ad ogni passo, e per quanto il piè si profonda: carcàmi di conchiglie quasi tutte bivalve, arche, veneri, pettini, donàci, cardî, guasti dal mare e dal tempo, perduta l'epidermide, perduto ogni colore, scantonati, triti. Due gusci, da formare un individuo per la nostra collezione, non ho potuto accozzare colà. Sì bene ho raccolto che il golfo di Pelusio fino a Giaffa è un vasto sepolcreto di testacei; e che il mare abantico mena e travolve in quel sacco le spoglie di siffatti animali. E ciò viemmeglio si fa manifesto pel riscontro di Giaffa, ove non solo è la stessa abbondanza e qualità di conchiglie alla riva, ma a Giaffa (per esservi il terreno di diversa natura e pietroso), si trovano le conchiglie anche petrificate, o stivate tra gli scogli, nelle rupi, dentro alle frane dei fossi, e tra i filoni delle pietre arenarie. »

1487. * Il Kramer ha notato che le « conchiglie marine che hanno le loro corrispondenti vive nell'Eritrèo e nel Mediterraneo ovunque si rintraccian nell'istmo, emerso come sembra in epoca più recente (della terziaria) sul livello del mare. »

* E dal profilo longitudinale geologico, unito alla *Relazione tecnica* dello stesso Kramer, risulta per tredici chilometri, a partire dal lido presente nel Portosàido, uno strato di spiaggia prodotto da materiali indicati dall'autore con queste parole: *Sabbia mista con terra e conchiglie.*

1488. * Le sabbie del lido di Terracina, nota il Brocchi, altro non sono che un tritume di gusci di conchiglie marine con piccolissime conchiglie di varie specie, tanto marine, quanto terrestri.

1489. * E così, dagli studî fatti dal Ponzi, abbiamo veduto che le sabbie del littorale dalle foci del Tevere a monte Circèo sono di nettuniana origine (1406 e 1408).

1490. * Régy ci da l'analisi della natura delle rene prese sulla riva del mare o nel mare stesso nel golfo di Lione: analisi fatta al laboratorio della scuola degli ingegneri di ponti e strade di Francia.

Eccone il risultamento.

« Residui silicei, insolubili negli acidi	60. 00
Carbonato di calce	28. 84
Acqua idrometrica, carbonato di magnesia, allumìna, perossido di ferro, sali solubili e perdita	11. 16
	100. 00

* « Il carbonato di calce è fornito dai frantumi delle conchiglie marine, dei quali i più grossi si vedono ad occhio nudo, e i più piccoli al microscopio. »

1491. * Io però credo che in altri lidi del Mediterraneo, e specialmente in quelli dell'Adriatico sul littorale italiano, la proporzione del carbonato di calce deve essere molto maggiore, e superare quella del golfo di Lione; perché là i venti da terra sono più frequenti e più violenti che quelli di mare; mentre il contrario accade nei nostri lidi, e perché là non esistono quelle grandi masse di conchiglie microscopiche che altrove, esse soltanto, formano rilevanti insabbiamenti (1471-1474). Lo stesso Régy ha giudicato che nel Mediterraneo e nel mar della Manica *les apports propres de la mer* sarebbero del 30 a 35 centesimi *de calcaire*. Ma io non credo di andar errato se asserisco, appoggiandomi all'autorità del d'Archiac e del d'Orbigny (1471 e 1472), ai fatti già registrati ed agli altri che fan seguito, che la proporzione del carbonato di calce dia un cinquanta e più per cento nelle sabbie dei lidi della nostra Italia.

1492.* « In Italia, ha notato l'Arpesani, i depositi marini occupano vastissimi tratti di paese, ed ivi pure appartengono, direbbesi quasi, a tutte le età ed a tutte le sorta. Così ponnosi annoverare, da un lato gli interrimenti che avvengono lungo le spiagge del mar Toscano, Pisa, Ostia, e dell'Adriatico, Adria, Ravenna ecc., dall'altro i depositi di Pozzuoli e di Ischia, quelli di Taranto e della Sicilia meridionale. . . . »

1493. * Le chiocciole di ogni specie, le patelle, gli echini, le grandi famiglie dei granchi con le loro corazze calcaree, e le stellarie ancora; le ostriche, *mensarum palma et gloria* secondo Plinio, sono tutti generi e specie abbondantissime. Queste ultime

bivalve, sono sempre innumerabili ad onta del gran consumo che l'uomo ne fa. In alcuni paesi le spoglie loro servono a pietra da calce. Esistono dei banchi di ostriche, che, secondo Tandon, hanno più chilometri di lunghezza: « *Sur une tuile on en a compté jusq'à* 1000: ed il re dei Paesibassi è stato ricevuto, in un villaggio della costa, sotto un arco di trionfo costruito *en coquilles d'Hûitre . . . et sans odeur!* »

1494. * E quanti altri generi e specie di animali non produce il mare per forme sorprendentissimi? *La mer*, con ragione diceva Carlo Bonnet, *est bien plus riche que les continents en produtions singulières. Que de bizarres animaux elle fait et défait à chaque instant!*

* Or bene anche le spoglie calcaree di questi animali, presto o tardi, quasi tutte contribuiscono non poco ad aumentare il prodotto dell'insabbiamento dei lidi.

* Se continuassi l'estratto delle opere degli autori qui sopra citati, questo articolo potrebbe essere di molto arricchito di fatti, ma ciò mi condurrebbe fuori del limite prefissomi (1426): quindi a compimento di esso registrerò soltanto qualche esempio dei prodotti della flora marina.

1495. * Moquin Tandon ha registrato che « Ciascuna marèa, e sopra tutto ciascun uragano accumula sopra le coste occidentali dell'Europa *d'énormes monceaux de varecs ou goëmons*. Si raccolgono e si trasportano nei campi per servire da concime. Le famiglie povere le fanno seccare, e questo è il loro combustibile. »

1496. * « Gli abitanti dell'isola *Sein*, nota Goury, non hanno altra materia da fuoco che *du goëmon*. E l'uso di esso nelle lande di arena dà degli eccellenti *résultats pour la bonification*. »

1497. * « Con le medesime piante, ci dice inoltre lo stesso Tandon, si prepara la *soude de varec, ou soude naturelle* . . . . . In talune baje avvi sino a trentamila persone *qui accourent sur la grève pour remasser les goëmons que la mer a jetés*, o per tagliare quelle piante che vegetano sopra gli scogli. »

1498. * Tuttavìa, questo immenso consumo di tali piante fatto dall'uomo, non toglie che quelli stessi lidi ne sieno

sempre ricoperti. « Esse formano sopra la rena, ci dice Tandon, *de longues traînées fléxueuses* indicanti il limite *atteinte par la vague.* » E conclude « *On est vraiment saisi d'admiration*, quando si riflette sopra le enormi masse di vegetali marini, che tutte le marèe o tutte le tempeste gettano ed accumulano sopra le spiagge, tutti gli anni, tutti i mesi, *même tous les jours, sans que jamais leur quantité paraisse s'amoindrir.* »

1499. * E le Jolis, di recente ci ha dato una *Liste des algues marines de Cherbourg*, e quantunque non abbracci che *un littoral d'un myriamètre environ d'étendue*, e quantunque sia lungi di essere *complète en ce qui concerne les algues inférieurs*, pure essa *renferme environ* 350 *éspèces et variétés notables* . . .

1500. * Ora, se da quei lidi passiamo ai nostri, ove veruna industria si ricava da quelle piante ed ove per la temperata zona delle nostre acque la flora è più ricca che altrove (1448), sarà facile immaginare quale parte rilevante devono avere quelle vaste e ripetute masse nella formazione e nell'accrescimento di essi lidi: e chiunque ha visitato le sponde dei mari nostri può essersene formata un' idea; ma per quanto grande, al certo al disotto del vero. Eccone un esempio.

1501. Il vasto seno di mare esistente una volta a destra del porto di Livorno, ove, come nota il Tronci, presso il fondo sorgeva la famosa *Triturrita* e circoscriveva il celebre porto pisano *tutto ornato di statue e di cospicui edificî*, si trova completamente colmato. Di questo fatto « le cause naturali, registra il Targioni, sono state le più *gagliarde*, e tra queste si è distinta una *immensa quantità di aliga ed altre piante marine*, come lo comprova oltre l' autorità di antico scrittore, l'escavazione che si fece dirimpetto alla fonte santo Stefano, cioè *sull'orlo del seno del porto pisano, ove si trovò moltissima aliga putrefatta e quasi ridotta terra.* »

1502. * E se un tal prodotto è maraviglioso nel Tirreno, lo è ugualmente nell' Adriatico; e però ben a ragione il Ginanni concludeva dicendo: « e benché questo mare, e questo territorio (ravennate) a confronto degli altri siano piccoli assai, non hanno però sì poche in numero, rarità e produzioni

maravigliose, che non possano e colla loro varietà ricreare ed istancare ancora con la moltitudine di esse qualunque più impegnata inclinazione a questi studî.

* « Molte e diversissime tra loro sono le specie de' testacei, de' vermi e de' piant-animali, e molte *quelle delle piante*, che state sono il primo scopo delle mie osservazioni. »

1503. * E qui passo ad un' altra considerazione che non meno delle precedenti si appoggia sui fatti. La dimostrazione condotta fin qui vale pure a spiegare in tutti i mari il progresso continuo delle spiagge anche là dove non isboccano fiumi, ed ove non esistono correnti littorali o di marèa. E non meno vale pel nostro mare Adriatico; di cui non fuvvi mai penuria in Italia di matematici e d' ingegneri insigni, i quali non parlassero degl'interrimenti col fine di regolare le foci dei fiumi e torrenti che in esso immettono; quelli difficili a governarsi, questi di natura indomita ad ogni legge scientifica. Per il che l'ultimo, dei più illustrî, che di recente sopra lo stesso tema ha ragionato, è il Paleocapa: ed egli appunto nel trattare del *Protendimento delle spiagge* di questo mare ebbe a notare: « che la spiaggia marina settentrionale ed occidentale dell' Adriatico, da Sdobba fin verso Rimini, si è avanzata ovunque grandemente nel mare, e che se questo avanzamento è più notevole allo sbocco dei fiumi principali, ove le alluvioni producono altrettanti capi più o meno sporgenti; *l'avanzamento è però generale anche nei siti dove non sbocca alcun fiume*, come si fa evidente per la sorte toccata a tante città che sono restate entro terra, *e per la direzione stessa che conserva la costa per lunghe linee regolarissime fra gli uni e gli altri sbocchi di fiume.* » Ed egli aggiunge ancora che « qui conviene considerare che questo grande avanzamento del continente in mare è succeduto a malgrado che il livello dell' Adriatico, per rispetto alle coste lungo tutto il descritto littorale, vada acquistando sempre maggior prevalenza, come l'attestano fatti moltiplici e diligenti osservazioni che non possono essere rivocate in dubbio. »

* Nel convenire per intero a quanto afferma il Paleocapa, poiché è un fatto ineluttabile il protendimento sui nostri lidi dell'Adriatico, non solo presso lo sbocco de' fiumi, ma ovunque;

io aggiungo che tale notabile e regolare protendimento si debba nella massima parte alle spoglie di animali sottomarini, e si debba esclusivamente al lavoro normale dei flutti (802).

1504. * Ora riunendo tutti questi fatti generali e parziali esuberantemente provati, terminerò col dire che se ai vasti ed inesauribili cumuli di conchiglie microscopiche, uniamo quelli delle conchiglie visibili, cumuli ugualmente grandi e fecondissimi; se ad essi uniamo le spoglie di tante altre specie di testacei, crostacei e di animali galleggianti; se in fine a tutto ciò aggiungiamo i mucchi delle alghe frequentemente accresciuti da nuovi strati di fasci strappati dal fertilissimo suolo del mare, ci persuaderemo che il prodotto di questi materiali deve molto contribuire ad aumentare quegli avanzamenti di spiagge, quelle ostruzioni di golfi, di seni, di baje e di porti, di cui siamo costantemente testimoni; e deve per se solo formare simili avanzamenti ed ostruzioni in quei littorali ancora, ove non cadono piogge, ed ove non sboccano perenni fiumi.

Risultamento

1505. * Prendiamo ora in considerazione la quantità di tutti i materiali movibili compresi nei tre antecedenti titoli. E pongansi prima quelli forniti dagli affluenti terrestri, le cui parti pesanti sono dai flutti e dalle risacche gettate, respinte e rigettate contro la riva o trascinate a sottovento delle foci, e le parti leggere dalle risacche e dalle correnti sparpagliate in distanze più o meno grandi dalle foci stesse verso l'alto mare a diritta ed a sinistra, e dai medesimi flutti presto o tardi ai lidi accumulate. Siano poi quelli forniti dal consumo delle coste, i quali dai detti veicoli sono da un punto all'altro presi e lasciati, e ripresi di nuovo in altri punti depositati. Siano in fine quelli forniti dai corpi organici, di cui ogni lido sottomarino abbonda, e con sorprendente alacrità riproduce e per lo stesso giuoco dei flutti sopra il lido vengon gettati. Questa è tal massa, nel suo totale, in movimento lunghesso i littorali, da farci sicuri che il voluto rinnovamento di materiali, sottoposti al lavoro incessante dei marosi, delle onde, dei flutti e dei cavalloni, non manca in natura, anzi da essa è incessantemente somministrata e riprodotta.

* E siccome questa continuata azione e vicenda deve terminare a dar un risultato ; questo risultato stà nel progredimento continuo delle spiagge tanto dove sboccano fiumi, quanto dove essi non sono, e fino dove mancano le correnti littorali o di marèa.

* Il lettore rammenterà che io gli promisi questa dimostrazione (695, 891 e 892) a fine di provare come non possa stabilirsi la permanenza dello stato di equilibrio tra la resistenza del suolo sottomarino e l'azione dei flutti, abbenché delle frequenti e vistose sottrazioni di materiali abbiano effetto in forza dell' azione di quegli stessi flutti. A me par certo di aver risposto alla promessa.

1506. * Ho detto ancora, in principio dell'articolo ottavo, (1399) che io non credevo esatta la divisione stabilita dal d' Orbigny, intorno alla provenienza delle tre classi di sedimenti nei lidi mediterranei. Come risultato di studî e di osservazioni che abbracciano tutti i lidi del globo, potrà essere quella nei limiti delle misure possibili ; ma restringendo le mie investigazioni ai mari nostri, mi sono convinto dover essa divisione essere variata. Ed ecco quale io crederei potersi ritenere per molto più probabile. Prendo il numero cento per l'assieme :

Sedimenti forniti nel Mediterraneo		nell'Adriatico
dagli affluenti terrestri.	30	35
dalla corrosione delle coste	20	5
dai corpi organici . .	50	60
Totale	100	100

1507. * Voglio sperare che quanto ho esposto di sopra sia per convincere del molto caso che bisogna fare delle spoglie degli esseri sottomarini per la protrazione delle spiagge, specialmente nei mari interni; perché contro i fatti non si va, ed essi per sé soli confermano in ogni parte la verità di quanto io ho esposto. Quel generale avanzamento di spiaggia, in ispecie sull'Adriatico avvertito dal Paleocapa (1503), nei siti dove non isbocca alcun fiume, è in gran parte prodotto dalle spoglie di esseri sottomarini, e quasi esclusivamente di esse si riveste la

spiaggia ravennate, ché a sopravvento non ha vasto, perenne e tranquillo affluente torbido. E l'ordinamento di quelle regolarissime lunghe linee tra un fiume e l'altro, notato pure dal Paleocapa, è l'effetto del lavoro geometrico dei flutti (659, 802 e 1300).

1508. * Abbiamo in fatti veduto che nell'Adriatico il materiale organico necessario al protendimento non manca in quelle rive subacque. Donati, Ginanni, Beccari, Bianchi, Paleocapa ed altri ancora ce lo assicurano. Quindi, quando anche in quel littorale non vi fossero fiumi, quelle spiagge similmente progredirebbero.

1509. * Abbiamo veduto pure che i flutti nel littorale in esame, come in ogni altro, regolano gl' insabbiamenti, e la lunga serie di fatti raccolti negli antecedenti articoli, e specialmente nel sesto di questo capitolo, ce ne danno luminose ed incontrastabili prove. Quindi, sebbene esista colà la corrente littorale, pochissima o niuna parte ha nell'ordinamento di quelle medesime spiagge ; e senza di essa noi vedremmo sempre lo stesso ordinato protendimento.

ARTICOLO DECIMO

PORTICANALI

1510. * « Con un accurato studio delle leggi e dei fenomeni delle onde, ci è dato convertire questi pericolosi nemici in poderosi schiavi (*By a careful study of the laws and phoenomena of waves, we are enabled to convert these dangerous enemies into powerful slaves*). » Così giudicava degli effetti delle onde J. S. Russell nel 1845. Ma, se ci facciamo a studiare i porti anche di più recente costruzione, troveremo invece che questi sono schiavi di quei fenomeni, e che l'uomo, sino ad oggi, non si è servito della potenza sviluppata dai flutti presso i lidi a beneficio di quelli. Quindi quei fenomeni sono ancora per le nostre costruzioni idrauliche pericolosi nemici, e non poderosi schiavi.

1511. * Tuttavía io porto convincimento che sia nella mano dell' ingegnere l' incatenare quelle onde ed obbligarle al

lavoro forzato di spurgo, specialmente per quella specie di porti più facile di ogni altra ad ostruirsi, e più difficile ad espurgarsi e a conservare: il che è appunto ciò che forma il soggetto di quest'articolo.

1512. * Difatti otto anni dopo il giudizio del Russell il Baumgarten, premesso un viaggio di visita e di studio intorno ai porti, riferiva al ministro dei lavori pubblici del Governo di Francia che « di tutte le questioni idrauliche, quella che ha più di tutte occupati gl' ingegneri, tanto in Italia, che in Inghilterra, in America, in Germania ed in Francia, e di cui la soluzione offre maggiori difficoltà ed interesse sociale, è il miglioramento dello sbocco dei fiumi nel mare; i quali, il più delle volte, sono ostruiti da scanni, banchi o protrazioni di spiaggia che molestano gravemente la navigazione, e spesso aumentano anche le inondazioni nelle parti inferiori, coll' impedire il libero scolo delle piene. »

1513. * Né un passo di più aveva fatto la scienza dell' ingegnere, quando io nel 1856 ebbi l'onore di esser invitato dalla Magistratura di Pesaro ad esternare il mio parere sul grave oggetto, com' essa diceva, di *dare alla città di Pesaro un porto in qualsiasi forma che veramente corrisponda ai bisogni commerciali ed alle diverse navigazioni che avvengono in quelle acque dell'Adriatico.* Incarico che il Governo pontificio aveva già, per parte sua, affidato all' ispettor Brighenti.

1514. * È noto che la necessità di avere il maggior possibile fondo alla bocca di un portocanale e nello scanno che la corona, consiglia la pratica di armar le foci dei fiumi con robuste palafitte o moli; e questa pratica è a tutt'oggi in pieno vigore in Italia ed altrove. Siffatto sistema però ha in sé dei difetti, e due gravissimi, quello di stringer troppo la sezione dello sbocco, e l' altro di produrre più rapido avanzamento della spiaggia, e quindi notabile prolungamento della linea mediante le ripetute protrazioni de' moli: stringimento contrario al sollecito deflusso delle acque in piena; e prolungamento contrario al buon regolamento interno del fiume, e molto nocivo alla navigazione. *Il prolungamento dell'ultimo tronco dei nostri canali*, ci diceva con ragione il Brighenti, *sarà cagione di tale rallentamento del moto delle piene, che le renda inabili a*

sostenere le materie più grosse, e queste depositate sul fondo n'alzeranno il letto assottigliando l'acqua occorrente alla navigazione. Questo effetto quando che sia non può mancare, e però dee impedirsi, o ritardarsi quanto è possibile.

1515. * Con lo stabilire de' guardiani normali alla spiaggia sopravvento alla foce, più o meno da essa distanti, può essere ritardato il bisogno delle protrazioni de' moli, purché questo ritardo non ecceda un certo limite; ma siffatto provvedimento può dirsi che in nulla giovi al primo difetto, e termina poi per cagionare una estesa e più sollecita protrazione di spiaggia a sopravvento del porto, presto o tardi ad esso sempre nociva.

1516. * Un sistema molto più semplice ed economico del sopra indicato si ha in quello delle palificate *sommerse a traforo facenti officio di sponde*, dovuto all'Afan de Rivera, e da lui praticato con felice successo nell' Italia meridionale.

1517. * Questo sistema noto per la particolareggiata descrizione che ne ha lasciato il suo inventore, per quella non meno ordinata e lucida che ha dettato il Rossi, esecutore del sistema stesso, nel magistrale suo libro sul *Definitivo bonificamento della campagna vicana*, e nell' altra sua più recente scrittura, ove soltanto di detto sistema ragiona (*Di una efficacissima pratica per stabilire la sussistenza dello sbocco dei fiumi in mare*); per la lode che ne fa il Lombardini nel suo aureo trattato *Della natura dei laghi* e nell' altro non meno dotto *Sulla statistica dei fiumi*; e finalmente pel favorevole rapporto fattone al Ministro de lavori pubblici in Francia dal citato Baumgarten; questo sistema, dico, ha richiamato la mia attenzione nell'occasione di proporre in Pesaro l' armatura per la nuova foce dell'Isauro.

1518. * Avendo in mente che si voleva dal municipio e dalla camera di commercio di Pesaro un porto, che, mentre si prestasse ad una attiva navigazione, lasciasse pure facile scarico alle fiumane dentro una spesa approssimativamente determinata, mi occupai di rinvenire il modo per restringere le sponde senza fare ostacolo al sollecito smaltimento delle acque nel mare; il che inferiva *doversi fiancheggiare la foce con opere sommergibili*, adottando così la prima parte del trovato del de

Rivera, e *fare traforate coteste opere*, ciò che compie il trovato stesso; ma la effettuazione di esso non soddisfaceva ai bisogni della navigazione: il che mi accingo a dimostrare.

1519. * Nei colloqui tenuti col Brighenti, nella visita fatta sul posto, ché ebbi il vantaggio di essere in sua compagnía, non mancai di far parola di questa nuova pratica: ma per l'esperimento che egli, come commissario pontificio della libera navigazione del Po, aveva avuto non ha guari occasione di fare nel Porto-di-Levante, non lo trovai disposto ad ammetterne l'uso senza ulteriori prove di buona riuscita. Il giorno 21 maggio 1856 nel suo tranquillo casino, *Cà-Ristoro*, situato sull'amena collina *la Carletta*, donde si domina la sottoposta città di Rimini e l'occhio giunge a vedere l'una e l'altra sponda dell'Adriatico, mi dettò in proposito al trovatò del Rivera quanto appresso.

1520. * « Nel canale bianco, antico ramo del Po, ove ricapitano tutte le acque chiare del Polesine di Rovigo e superiori, chiamato Porto-di-Levante, ed ove la velocità media di riflusso misurata è di $0^m,40$ per secondo, erano state battute le palafitte a giorno per la lunghezza complessiva di entrambi i bracci di metri 1700. Il destro braccio sporge in mare sul sinistro metri 30, attesa la forma del lido: camminano essi dall'acqua sottile metri 500 entro mare nella direzione di levante; vanno a trovare un fondo di metri 3 sotto il comune marino, e formano un canale di metri 40 di larghezza. La testa dei pali è alta 1^m, 60 sul detto comune; il diametro di 0^m, 33 circa (ossia del perimetro di un metro) distanti 0^m, 80 da centro a centro, e però lasciano un lume fra loro di circa 0^m, 50. Poco sotto alla testa dei pali (0^m, 40 circa) lungo la linea del canale, corre una pedana di tavoloni appoggiati da catena a catena, la quale pedana serve di praticabile ai piloti in tempo di burrasca, e sempre a tutti. In somma i guardiani del Porto-di-Levante sono in tutto simili ai comuni, salvo che, invece di avere i perimetri dei pali a contatto, li hanno distanti 0^m,50 l'uno dall'altro. La esperienza fece immediatamente conoscere il bisogno di riempire quelle luci fino poco sopra al pelo ordinario, perché in tempo di burrasca, specialmente dalla parte di greco, succedeva una forte irruzione di

sabbia nell'interno, che avrebbe in breve tempo ostrutto il canale. Empiti i bracci, si ottenne immediato eccellente successo. »

1521. * Da questo fatto adunque si dovrebbe desumere un risultamento contrario a quello ottenuto dagl'ingegneri napoletani. È desso dovuto alla differente situazione, ovvero al non eguale ordinamento dell'armatura della foce? Io credo che a questa disuguaglianza si debba. Lo scopo di quel lavoro nella Venezia era la creazione di un porto per uso della navigazione a vapore del Lloyd austriaco: quindi quei moli ebbero in costruzione un carattere *simile ai comuni*, anzi eguali a questi nella parte superiore. Stando però al dettato de' suddetti ingegneri, le file dei pali debbono essere battute sino al pelo basso del mare perché giacciano *sommersi*, e niuna pedana o praticabile si vede da loro usata. Secondo il Brighenti questa pedana o tavolato nulla influisce sulle acque, né sulla stabilità dell'armatura; io invece opino che essa, non che l'altezza de' pali fuor d'acqua, la troppa larghezza del canale in relazione alla sua portata e la rilevante lunghezza dei bracci per giungere a 3 metri di profondità, possano essere state di ostacolo principale alla efficacia del trovato Rivera adottato al Porto-di-Levante.

1522. * Ecco come il menzionato Rossi, testimonio oculare, ci descrive l'effetto dei flutti nel suddetto trovato.

* « Le burrasche coll'infuriare dei venti e dei cavalloni zappano il fondo del mare, ne rompono i bassi fondi, e spingono al lido le sabbie; onde poi si formano le alte spiagge e le dune; ed ove queste sono interrotte per lo sbocco di acque in mare, vi formano gli scanni e tutte quelle radunate di sabbia o rene che ne impediscono lo scarico. Quando allo sbocco siavi una palificata sommersa a traforo, il procelloso moto delle onde verso il lido sarà rotto dai pali isolati che la compongono; e quel moto procelloso si comporrà in un moto eminentemente vorticoso; ed i grandi coni verticali rovesci del sistema di tutti questi vortici scaveranno potentemente il fondo nello spazio interposto ad essi pali e nel circostante: e così l'impedimento che la burrasca getta contro lo sbocco ne è istantaneamente rimosso da quel simultaneo movimento di vortici: ed all'istante

medesimo che la corrente è per essere impedita si fa strada con notevole velocità per gli trafori delle palificate, e quindi, allargandosi per tutta la sezione tra le palificate medesime, librando le sabbie spintevi contro dai cavalloni e quindi riportandole al largo. E se l' impeto della burrasca, e l' imperversar dei venti infilerà lo sbocco , l' escavazioni con eguale potenza vorticosa si faranno dai due lati; e se obliquamente, le escavazioni si faranno maggiori dal lato più battuto dai cavalloni, e di qui si determinerà il filone della corrente. Quindi è, come io poneva, che per questa parte, le forze che tenderebbero ad impedire lo sbocco il facilitano: anzi il provocano; perciocché se alcuna radunata di rena già si trovasse d' alcun lato dello sbocco, al primo sopravvenire di burrasca da quel lato, sarà rotta, rimossa e portata via. »

1523. * Ora, soggiungerò io, se i pali sono più alti del pelo ordinario del mare, e, peggio ancora, se sopra di essi si costruisce un tavolato o praticabile, i flutti non possono più liberamente agire per ogni parte. Quel tavolato ricevendo sopra di sé i colpi dei marosi ne disperde in mille direzioni la forza; e così non generale, non completa sarà l'azione vorticosa intorno ai pali e l'azione di trasporto a traverso il canale, specialmente ove la corrente di questo non sia molto vegeta, siccome avviene nel Porto-di-Levante : azione che sarà intera soltanto , quando i flutti si accavallino sulle sommerse teste dei pali isolati, gli urtino per ogni verso coi minori ostacoli possibili e la corrente del fiume sia alquanto veloce.

* « Fine dell'opera, dirò con il Rossi pratico maestro di essa, è di aversi escavazione più che si possa: di lasciar liberi i moti delle masse acquee che possono provocarla: di fare che il fluttocorrente possa liberamente ascendere sul lido e riscenderne, e nella discesa precipitarsi di lato giù nel canale della foce onde aggiugnere corpo a corpo d'acqua. » E questi moti appunto vengono nella massima parte impediti nell'indicato sistema, che si usò al Porto-di-Levante.

1524. * Qualche cosa di simile al Porto-di-Levante si praticò anche nel portocanale Corsini presso Ravenna. A metri 70 dalla punta del molo di destra, cioè del più inoltrato in mare e che dalla riva si avanzava per metri 64, si costruì una

palificata isolata a traforo di metri 50 nel modo istesso di quella del Porto-di-Levante, e parallelamente ad essa un altra palificata di uguale lunghezza a metri 40 da sinistra, formandosi così da entrambe le palificate un tratto di canale lungo 50 metri e largo 40. (Si veda la pianta – Tav. II. fig. 2).

1525. * Questo isolato lavoro, come ognun vede, non era la ripetizione di quello del Porto-di-Levante in ogni sua parte e tanto meno del trovato Rivera. Quindi venne dappoi sostanzialmente modificato, perché non era in verun modo utile; anzi al dire dei marini del paese, dannoso.

1526. * Per me credo essere necessario di uniformarsi *interamente* al dettato degl'ingegneri napoletani, se si vogliono ricavare i benefici dalla pratica di esso guarentiti; ed in questa necessità appunto ho ravvisato un difetto che mi ha completamente distolto dal preferire quel dettato ai moli comuni, nelle viste di dare un conveniente portocanale a Pesaro.

1527. * Quel bisogno *di lunghe file di pali isolati*, battuti tanto *che si trovino tutti sommersi, alla distanza di circa un metro l'uno dall'altro, e l'ampiezza dello sbocco alquanto minore della larghezza del letto del fiume nel tronco immediatamente superiore*, avrebbe dato a Pesaro una lunga e stretta bocca di porto seminata di pericoli. Difatti nei soli casi di mare calmo, di vento favorevole e di poca velocità nel fiume, i bastimenti avrebbero potuto entrare ed uscire dal porto con la voluta sicurezza. Negli altri casi, molto più comuni e molto più urgenti per approfittare del porto, non potendosi spesse volte evitare gli sviamenti nella direzione de' bastimenti, questi sarebbero andati ad investire sulle teste de'pali sommerse, ed a ricevere sempre grandi avarie, e spesso funeste. Né, a parer mio, bastar potrebbe, per evitare quei numerosi pericoli, di porre in essi delle mee, ossia indicatori, perché noi vediamo i bastimenti obbligati, loro malgrado, ad urtare nelle alte palificate presentemente in uso; urto al certo non mai utile al sistema del bastimento, ma neppure nocivo in modo da impedire di riprendere la retta via e giungere a salvamento. Quei disviamenti devono poi essere molto più frequenti e molto più difficili a prevenirsi in un canale, ove niun riparo pone freno al contrasto delle frante onde con sé stesse e con la

corrente del fiume; tanto più che per ottenerne efficace effetto i primi pali devono essere ben lungi dalla riva.

1528. * Difatto il Rossi così si fa a dire: « Una palificata sommersa a traforo, o vale a mantenere scavato il fondo in cui è stabilita, o no. Se a ciò non valesse sarebbe inutile il farla; ma valendo, è indubitato doversi *internare in mare fin dove questo acquista tale profondità da non essere indispensabile profondità maggiore.* Che se un fiume sboccasse, non in una spiaggia sottile, ma in un braccio profondo di mare, sarebbero inutili le palificate. Ma se stimasi utile farsi, perché la spiaggia è sottile, *è indubitato doversi spingere fin dove essa acquista la necessaria profondità*; od almeno sin sullo scanno parallelo al lido, che innanzi allo sbocco dei fiumi suol anche formarsi curvo colla convessità al largo. »

1529. * Finalmente i praticabili sugli attuali moli sono spesso un prezioso comodo per somministrare aiuto ai bastimenti, e sarebbe sempre un grave difetto se non vi fossero. Questi riflessi mi consigliarono a preferire l'antico sistema, con modificazioni però, di cui renderò tra poco ragione, atte a togliere in esso quanto vi è di più difettoso.

1530. * Il trovato dell'Afan De Rivera è per me da prescegliersi sopra ogni altro quando trattasi di fissare una voluta direzione alla foce e facilitare lo scarico delle acque in piena, ma non quando si vuole avere un Porto propriamente detto: il beneficio del Porto in quel trovato non può essere che secondario, cioè da usarsi soltanto, siccome ho già avvertito, nelle occasioni di buon vento, di mare calmo e di giorno. Guidato da questo convincimento, nella circostanza, da me già avvertita (1299), di studiare l'ultimo tronco del Serchio ed esporre il mio avviso per sistemare la foce di quel fiume, non esitai un momento ad anteporre il trovato Rivera all'altro in uso ed al mio, perché lo scopo principale, anzi unico, da raggiungersi in questo caso, era quello di stabilire la foce, e di renderla atta a permettere il più libero e pronto deflusso delle piene. In Pesaro questo utile scopo doveva cedere in parte il posto a quello più vitale del porto, principale bisogno di quella città e di quella provincia. I cattivi effetti delle straordinarie piene sono invero tristissimi, ma sono secolari, né l'arte

potría annullarli con la sola sistemazione dell' ultimo tronco del fiume: quelli del vecchio porto erano meno tristi, ma giornalieri, e l'arte poteva evitarli con correggere soltanto la direzione del canale e con usare a beneficio della bocca di esso la potenza de' flutti: correzione ed espediente che debbono inoltre influire utilmente anche nelle ordinarie piene ed in parte in quelle straordinarie.

1531. * Il Rossi stesso, potente e perdurante difensore del trovato Rivera anche per uso de' porti, dopo letta la mia critica contro di esso trovato per quest'uso, finisce per dire che « se si dovesse soltanto servire alle bonificazioni interne, e con esse al più grande possibile allontanamento delle alluvioni dei fiumi dal luogo dello sbocco loro in mare; secondo le mie attuali conoscenze, preferirei le palificate sommerse a traforo, e se dovessi invece avere a scopo precipuo il ricovero dei legni marittimi, preferirei forse il trovato Cialdi, come quello che soddisfacendo ad un tale precipuo scopo; secondo la opinione di lui che è versatissimo nelle cose nautiche, debbe, come a me pare, anche servire nel caso agli oggetti secondarî della distribuzione degli alluvioni a distanza dello sbocco del fiume in mare. »

1532. * Il desiderio adunque di eliminare, per quanto era possibile, nel vecchio sistema e in questi nuovi (1514, 1516, 1520 e 1524) le accennate parti difettose mi fece proporre un espediente o trovato che da qualche tempo io andava maturando; suggeritomi dalla natura stessa mentre, seguendo il consiglio del Lorgna, ne studiavo i suoi artifizî nell'atto stesso dell'operazione. Ma prima di entrare in merito di esso, credo necessario di far precedere alcuni cenni sulle principali parti del progetto da me proposto e che apparisce nell'unita pianta idrografica (Tav. II.)

1533. * Escluso, per ragioni che qui non ha luogo di ripetere, di avere un porto a bacino presso Pesaro, io piantai per principio che senza l'Isauro non poteva ivi aversi porto; e senza che l'arte stabilito avesse un canale il più convenientemente rivolto e largo, e disposta l'opera in modo che dai flutti fosse spurgata la bocca di esso, l' Isauro non poteva dare congruo porto.

1534. * È noto che l' Isauro, detto volgarmente Foglia, lambisce le mura della città di Pesaro e che per un canale

rettilineo metteva foce in mare, come è noto pure l' infelicissima costruzione del porto che da quel canale si dava alla detta città.

1535. * I difetti, e i danni da esso sofferti per la rotta prodottavi da un'alluvione, indussero il Governo, la Magistratura e la Camera di Commercio a prendere intorno al medesimo un radicale provvedimento. E lo meritava, imperocché importante è la sua posizione geografica e commerciale, e necessaria la sua esistenza per la salvezza di quei navigli che navigano da Venezia ad Ancona e viceversa.

1536. * L'Isauro, per quanto potei sapere e vedere presenta caratteri meno sfrenati degli altri fiumi torrenticci che, come esso, discendendo dall'Appennino scorrono tortuosamente e con rilevante pendenza frammezzo all'altipiano inclinato verso il mare, a cui vanno a tributare le loro acque. Copioso quasi sempre di torbide, ne è poi copiosissimo in ogni escrescenza, e convoglia anche ghiaje nelle maggiori; ma atteso il tortuosissimo corso che esso ha, pochi di questi ultimi materiali scarica sino al mare, eccettuati i casi di escrescenze straordinarie.

1537. * Nel canale che costituiva il porto vecchio vi giungeva adunque sempre carico di sabbia e terra, e di rado con materiali più grossi. Nelle escrescenze mezzane, che sono certo le più frequenti, le sue acque rimanevano incassate, e solo era toccato il ciglio delle ripe in quelle maggiori. Ma se il mare sentiva di fuori, o era soltanto un poco agitato, anche nelle piene mezzane il fiume si alzava molto di pelo, e rallentata quindi notabilmente la sua velocità, depositava il carico producendo sensibilissimo interrimento lunghesso il canale; interrimento che, diminuendo la pendenza e la sezione, contribuiva anch'esso a forzare il fiume ad elevarsi, ad estendersi, a traboccare. Questi effetti spiegano come nel maggior numero delle piene mezzanamente gonfie l' incisione dello scanno in mare era appena indicata, e la stallía era soverchiamente colmata; e come le sole piene ben vigorose potevano spurgare il canale e convenientemente rendere depressa la soglia di scarico delle acque dell' Isauro: dannosi effetti che non verificansi con eguale frequenza ed intensità in altri porti canali di quel

littorale, perché questi, per essere più stretti e più piegati alla sinistra ottengono benefici anche dalle mezze piene de'loro fiumi.

1538. * La portata dell' Isauro, fino allora non era stata calcolata con i dati possibili. In un manoscritto dell' ingegnere cav. Pompeo Mancini si leggeva che *la sezione naturale che in più incontri si è verificata nel detto fiume, specialmente ne'suoi pochi e brevi tronchi rettilinei, si è trovata della larghezza al fondo di metri* 40 *ai* 50: *L' altezza delle massime piene sale dai metri* 3,50 *ai metri* 4,00 *sopra il pelo magro*. Dall'esperienza di un ottennio sulle diverse portate del canale di derivazione che alimenta i molini di Pesaro, fatte dal signor dott. Luigi Guidi, risultava che nei mesi di luglio ed agosto il fiume può dirsi in completa siccità, giacché il canale stesso, che raccoglie anche le minime acque del fiume, non ne forniva se non la quantità necessaria a mettere in moto le tre macine del molino superiore per giorni quattro e mezzo di ore 24 in ciascuno de' suddetti mesi: quantità che divisa per un intero mese darebbe per il fiume la defluenza di metri cubi 0,361 al secondo di tempo: e nei mesi di giugno, settembre e dicembre lo stato del fiume può considerarsi come nella magra massima.

1539. * Se, come ho accennato, nelle mezzane piene la larghezza e direzione del vecchio canale non permettevano alla corrente d'incidere abbastanza lo scanno e dare una conveniente fossa alla navigazione; se nelle stesse circostanze il canale o porto si ostruiva invece di espurgarsi, che cosa poteva attendersi nelle magre?

* Quasi ogni anno, e più volte nell' anno stesso, si verificava un banco di sabbia presso la foce, il quale partendo un poco da dentro alla punta del molo di levante traversava il canale fino alla punta dell'altro molo, obbligando le barche di piccolo cabottaggio a scaricare l' intero carico e parte de' loro attrezzi sopra la testata del detto molo di levante, e così ridotte entrare poi nel porto trascinate sul fondo dalla forza degli uomini e de' bovi.

1549. * Prese adunque in serio esame quelle nozioni che si avevano sulla portata di detto fiume; considerati i bisogni ed i comodi necessari ed utili alla navigazione; fatto confronto

con la larghezza che hanno gli altri porticanali della natura del nostro, io mi convinsi che la larghezza uniforme dal ponte al mare di metri trenta fosse quella che meglio convenisse. Si abbia sott'occhio la pianta (Tav. II).

1541. * Questa misura è, ragguagliatamente, soltanto di 5 metri minore di quella che aveva il vecchio canale; quindi può credersi di poca o niuna influenza sulla migliore sistemazione che si dimostra abbisognare il fondo del portocanale costituito dall' Isauro. Ma se si pone mente alla diversa direzione data allo sbocco, e alla curvatura stabilita nel nuovo canale, si vedrà chiaramente, che come questi cinque metri in meno nulla lasciano relativamente a temere di più nelle piene del fiume, così molto lasciano a sperare nelle magre di esso.

1542. * La posizione, la direzione e la forma de' moli guardiani, od armature delle foci, dipendono dai venti regnanti, dalle correnti, ma più d'ogni altro dalla direzione de' flutti, i quali, come abbiamo veduto, governano gl' insabbiamenti. Niuno ignora che i venti dominanti e regnanti in quel littorale dell' Adriatico sono compresi dal nord-nord-est al sud-est; e niuno può dubitare, dopo quanto abbiamo letto negli antecedenti articoli, che i fiumi, armati o no, cambiano la direzione della fossa o canale navigabile, secondo la direzione de' flutti di quei venti: il che vuol dire che i porticanali del detto littorale, perché sieno meglio difesi, e perché più facilmente permettano lo scarico delle acque de' fiumi che li costituiscono, debbono indirizzarsi a sinistra dell' ultimo rombo dei suddetti venti. Questa verità quanto più è stata sentita, tanto più ha indotto i nostri antecessori a condurre da destra a manca la foce del ripetuto Isauro; ma fino all' ora non quanto bastava, e la rotta dell'ultima piena ne fu anche una prova. E però la fossa, o canale navigabile fuori de' moli, si trovava sempre più a sinistra della direzione di essi, e difficultava l'entrata ai bastimenti.

1543. * « Chiunque imprenda, dice il Zuliani, a fissare la direzione da darsi allo sbocco di un fiume nel mare d'uopo è che abbia presenti tutte le molte diverse cause sì generali che particolari, le quali ponno concorrere ad agevolare e rendere felice il medesimo sbocco, come anche le altre, che vagliono a

difficoltarlo e danneggiarlo, e che ne faccia i confronti e ne rilevi e comprenda il valore sì delle une che delle altre. »

1544. * Inoltre è di grande importanza il ben determinare la direzione da darsi alla foce di un fiume, per facilitare l' ingresso de' bastimenti che vi debbono passare, e principalmente per conservare il fondo necessario all' entrata. Ed invero la mancanza di profondità è un gravissimo male permanente, il quale nuoce in ogni tempo ai naviganti, e termina per annullare la prosperità del commercio in un porto e nelle coste vicine. Il decaduto stato commerciale di Pesaro pur troppo ci confermava la verità della esposta massima!

1545. * Lo stesso Zuliani ha detto pure « che non solo i venti sono di pregiudizio ai fiumi, col mettere ostacolo allo scarico delle loro acque e col renderli maggiormente gonfi ed alti di pelo; ma più ancora collo spingere nelle tempeste le arene alle spiagge e avanti e dentro gli sbocchi che ne rimangono gravemente danneggiati. » Quindi per l'uno e l'altro effetto la direzione di uno sbocco in mare può essere causa di maggiore o di minore ritardo nello scarico delle acque del fiume, specialmente nell'ultimo tronco. Egli è vero che i torrenti istantanei, come il nostro, non rispettano le leggi della scienza; ma io credo che il miglior regime di essi, come di ogni altro fiume, dipenda precipuamente dalla facilità del loro sbocco. Difatti il Zanotti avvertiva « che l' indole di tutti i fiumi è la medesima e concorrono ad operare in essi le medesime cause consistendo la differenza nel più e nel meno. » A tale effetto, per quelle foci ove l' arte ha posto le mani, si è stabilita la massima di seguire la disposizione naturale dello sbocco, correggendone il più possibile una viziosa inclinazione col difenderlo dall'infesto vento di traversìa e dalle altre cause che possono concorrere ad interrirlo.

1546. * Non può dubitarsi che il mare, quando *sente di fuori*, s'innalza in modo notabile lungo il lido (1199), e sino ad un certo limite si tiene ad eguale livello a destra, di fronte ed a sinistra della foce; e perciò, qualunque sia la direzione di questa, uguale sarà lo scarico delle acque del fiume; ma quando poi i venti invadono il littorale ed il mare scende e vi si frange, quell' accumulazione di acqua marina ha d' uopo di defluire e

defluisce in fatto dal lato ove trova minor resistenza, che sul nostro lido dell' Adriatico è da sinistra. Così è per me ugualmente certo che il moto ondulatorio del mare diviene moto di notevole trasporto di massa liquida quando il vento è assai forte, molto più quando l' onda non trova libero sviluppamento per l'assottigliarsi del fondo, e molto più ancora quando essa si frange. Nei quali casi l' onda si trasforma in parte in *fluttocorrente* alla superficie e al fondo come abbiamo veduto. Questa corrente e quella del fiume può sembrare che s' immedesimino, ma *in realtà si riflettono ed indietro balzano, perché è impossibile che due corpi passino l'uno per l'altro*, come notò Leonardo da Vinci; come Lartigue, de Caligny, Emy, Reibell e Rodriguez hanno pur notato: del che a suo luogo si è detto. Cosicché l'incontro delle accennate due correnti, quella de' flutti e quella del fiume, quanto meno sarà di fronte, cioè quanto l'angolo formato nel punto di riunione sarà più ottuso verso il mare, tanto meno sarà ritardato lo scarico dell' Isauro e meno interrita la sua foce.

1547. * Lo Zendrini ed il Manfredi richieggono per una delle principali condizioni di un porto, della natura del nostro, « che sia munita la bocca con opportune palafitte, o moli, stabilito che sia, che valgano con la loro lunghezza a coprirla dai venti nocevoli e lasciare ai favorevoli di potere coadiuvare allo spurgo delle materie che potessero essersi deposte. »

1548. * Ma se è vero che la direzione dello sbocco ha molta influenza sulla navigazione, non che sullo scarico delle acque, sono però altrettanto vere le difficoltà che s' incontrano nello stabilire quale sia la più conveniente direzione da preferirsi. Questo scopo non può esser raggiunto che col far precedere uno studio speciale de' venti regnanti e di quelli dominanti, della costituzione fisica del fondo del mare, di quella delle spiagge adiacenti, della indole del fiume, delle correnti marine, specialmente di quelle sviluppate dai flutti del fondo e della superficie, dei bisogni e de' comodi assoluti ed utili ai bastimenti. Inoltre nella scelta della direzione della bocca il parere degli uomini di mare deve avere gran peso; anzi nella scuola francese è riconosciuto che *cette question est du ressort des marins.*

1549. * Non vi ha dubbio che stando ai principî teoretici

lo sbocco della foce dovrebbe direttamente inoltrarsi in mare: poiché, come osserva il Sereni, « l'ultimo sbocco de' fiumi dovrebbe farsi ad angolo retto colla spiaggia de'mari, perché l'ultimo limite di questi è una linea orizzontale e perché . . . » Ma, dopo quel *dovrebbe*, il medesimo preclaro professore aggiunge, « raro è che i mari stessi non abbiano qualche movimento continuo oltre l'alternativo del flusso e riflusso. » Quindi quando siamo alle applicazioni particolari, ossia al fatto concreto, per effetto di questi movimenti e per quello potentissimo cagionato dai flutti, vediamo che la natura obbliga i fiumi a piegare da quel lato dove trovano minor resistenza, il quale nel porto di Pesaro è a sinistra, guardando il mare. La massima che stabilisce di seguire con l'arte la disposizione naturale dello sbocco e difender questo dalle cause che possono interrirlo, è di molto peso, perché si attinge dal Castelli, dal Guglielmini, dal Boscovich, dallo Ximenes, dal Frisi, dallo Zendrini, dal Mari, dal Zuliani e da altri maestri.

1550. * L'andamento curvilineo da me preferito al rettilineo mi fu suggerito da più riflessi, e tra gli altri da quello di piegare quanto era necessario verso sinistra lo sbocco senza molto allontanare il nuovo canale dai fabbricati esistenti presso il vecchio, e approfittare del vasto e lungo cavo formato dalla rotta. Ma tale andamento, quantunque più lungo del rettilineo che congiunge i suoi estremi, ma non di quello del vecchio canale, credetti che fosse sopratutto preferibile perché « in canale curvilineo, come osserva il Boscovich, la forza stessa d'inerzia, che richiede sempre la continuazione del moto rettilineo, costringe il filone ad accostarsi alla parte cava e rasentarla continuamente, mentre nel rettilineo ogni piccola disuguaglianza di resistenza fa torcere il corso ora verso una parte, ora verso l'altra, e così malgrado della maggiore brevità del canale rettilineo, può in esso divenir la via delle acque più lunga che nel curvilineo, benché più lungo. Nel medesimo caso l'acqua, per la forza centrifuga con cui spinge la sponda curvilinea, vi si alza e corrode anche il fondo, e lo incava; onde può crescere alquanto la sua velocità attuale col peso, e scemare la resistenza nel fondo con farsi una specie di letto di quella che chiamasi acqua morta. »

1551. * Il medesimo partito vedesi consigliato dal Cavalieri, il quale risolve ancora la questione, se le palafitte debbano protrarsi ad egual lunghezza, o se l'una, e quale di esse, debba superar l'altra; ricerca che pure era bene di fare nel caso nostro. « Le dighe, egli dice, debbono essere avanzate in mare finché si trovi in questo il fondo necessario per tenere a galla i bastimenti, ai quali il porto è destinato. Giova poi di prolungare alcun poco più dell'altra quella che è dalla parte del vento più potente di ogni altro a spingere l' arena verso lo sbocco del canale. È utile stabilire le dighe in linea curva, rivolgendone la convessità verso quella parte, da cui sarebbero spinte le sabbie ad invadere la foce. Cotesta disposizione tende a riparare l' interno del porto dai venti di mare, e ad impedire che si formi un'alluvione o un dosso di sabbia presso la estremità interna della diga più sporgente, pel rallentamento che ivi avverrebbe nel corso dell'acqua, se le dighe fossero stabilite in linea retta. »

1552. * In questo andamento l' azione della corrente essendo più energica nella riva concava che su l'altra convessa, determinar deve lungo la prima un utile fondo, nel mentre che nella seconda crèa un banco disposto a spalto. Da questi due opposti effetti risulta la formazione di una sezione della figura di un trapezio, la quale sarà notevolmente benefica alla navigazione nelle massime magre dell' Isauro. Inoltre lo stesso andamento, riparando l' interno del porto, conserverà tranquilla la stallía con i mari di fuori, così molesta ai bastimenti nel vecchio canale, ed impedirà che si formino nell'interno del nuovo i depositi che sono così dannosi alle barche ed al facile smaltimento delle acque del fiume, come accadeva nel detto vecchio canale.

1553.*Passo ora a descrivere l'espediente di cui sopra (1532). Nelle viste di dare un ricovero in casi di mare grosso a quei bastimenti che esercitano il commercio nel porto di Pesaro, e per quelli che lo esercitano lunghesso quel sottile littorale, senza incorrere nel bisogno di una lunga protrazione di ambo i moli, la quale oltre alla maggiore spesa produce ancora più sollecita protrazione del lidó ed innalzamento del letto del fiume, e nelle viste di sottoporre la dannosa potenza dei flutti al benefico

ufficio di spurgare dei materiali ostruenti la bocca del porto, mi feci a proporre un espediente, e come prima parte di esso una protrazione isolata di duecento metri nello stesso andamento del molo destro, lettera B (Tav. II. fig. 1). La distanza più conveniente dalla punta del molo di levante alla punta più prossima di quella protrazione, credetti che potesse essere, nel caso del porto di Pesaro, non meno, né più di centocinquanta metri per le seguenti considerazioni:

* 1.° Per avere un utile fondo di acqua colla minor possibile spesa;

* 2.° Perché i materiali convogliati dal fiume non giungessero a depositarsi a ridosso di quel molo isolato;

* 3.° Perché il mare potesse liberamente spazzar quelli che si depositerebbero dinanzi e prossimi alla foce, siccome accade in natura (1400);

* 4.° Perché la corrente prodotta dai flutti di destra non avesse soverchia velocità, e perché l'urto de'medesimi flutti tra loro non venisse soverchiamente ad incomodare e forse anche impedire l'entrata de' bastimenti nel canale;

* 5.° Per avere una comoda bocca per l'approdo e la partenza de' legni col maggior numero possibile de'rombi di vento;

* 6.° E perché se dall'esperienza venisse provato più conveniente una minor larghezza a detta bocca, facil cosa sarebbe stata il restringerla, e senza verun inconveniente, perché la proposta protrazione isolata è nella stessa direzione de'moli.

* Il molo di levante del vecchio porto sarà utilissimo guardiano alla nuova foce.

1554. * L'intervallo compreso fra le due foci è necessario che sia guarnito di scogliera, come seconda parte dell'espediente, lettera C. Gli scandagli in mare a sinistra del porto, l'esame personale del lido e le notizie raccolte da altri, dimostrano che da questa parte la spiaggia non progredisce che molto lentamente; anzi ad una distanza di metri 1500 è in corrosione, ed è certo che essa s'ingrossa quanto più si allontana a sinistra della foce: i fondali alla stessa distanza dal lido vanno crescendo da destra a sinistra, in guisa che sulla *Punta degli schiavi* a soli metri 100 da terra si scandagliano 4 metri di acqua. Questa fortunata costituzione

del luogo mi confermò nella idea di usare le forze che la natura sviluppa in queste vicinanze in guisa da convogliare e spandere i materiali ostruttivi quanto più si può sulla sinistra. A tale effetto la proposta scogliera di difesa aderente al lido, formando flutti riflessi, dovrà non poco contribuire nel trasporto a sinistra e prender parte all'azione dei flutti diretti, che si imboccheranno nell'apertura tra la punta del destro molo e la protrazione isolata. Nelle mareggiate, il braccio formato dalla ripetuta scogliera e l'altro costituito da quella protrazione isolata devono obbligare le linee de'flutti comprese fra i punti *a* e *b* a passare per la detta apertura e sviluppare una corrente capace a non permettere la formazione o la conservazione del solito banco che corona le foci e, dando celere moto verso sinistra all'acqua del mare che si para innanzi ad essa foce, capace per l' uno e per l' altro fatto di aumentare notabilmente l' effetto della chiamata allo sbocco; il che torna ad importante comodo della navigazione, ed a più facile sfogo delle piene.

1555. * Pare adunque che con questo progetto verrà, nel miglior modo che da me potevasi ed all' incirca nei limiti della preconcetta spesa, provveduto alle due principali esigenze tanto raccomandate dai rappresentanti della città e del commercio di Pesaro, cioè di donare un porto veramente utile al commercio, e di diminuire, se non quanto è desiderabile, quanto almeno è possibile, la gravità delle inondazioni, rese così facili, incomode, e dannose in questi ultimi tempi.

1556. * Supponganſi ora compìti i lavori da me proposti. Si vedranno in azione tre naturali potenze spurganti, cioè la corrente dell' Isauro, quella prodotta dai flutti di destra racchiusi nell' imbuto formato dal braccio della mia scogliera parallela al lido, e dall'altro della mia protrazione isolata al lido quasi normale, ed in terzo luogo quella della corrente littorale, la quale, benché di sua natura mite e non sempre radente, diverrà in alcuni casi anch' essa attiva (1392), ed obbligata a passare tra il varco della ripetuta protrazione ed il mio molo di levante, sarà di qualche utilità nello spurgo dello spazio di contro la foce, che io chiamerei antiporto. È facile persuadersi, ed io ne sono convintissimo, che quando le dette tre

forze, due scavatrici e tutte di lor natura efficacemente trasportatrici, saranno in azione, si formerà e si conserverà tale un fondo di acqua nella bocca del nuovo canale, che niun altro porto di cotesta specie ha mai avuto, e mai potrà avere, se non si cava profitto dalle suaccennate tre potenze nel modo che risulta dall' espediente da me immaginato e proposto per Pesaro. Ma per ottenere questo benefico risultamento dal mio trovato, io posi una condizione: e qui intendo di confermare la necessità del rispetto di essa.

1557. * Io era e sono convinto che non si potrebbe ottenere un conveniente e costante fondo alla bocca, se non si praticasse la scogliera di sopra citata (1554), e non s'intestasse alla punta del molo di levante del nuovo canale, come si vede nella pianta. Ed eccone la ragione, che, secondo il mio solito, si basa sull'esperienza.

1558. * Il porto di *Cette* è costituito in spiaggia sottile come quella di Pesaro. *La jetée de Frontignan* (in *Cette*) può considerarsi come il molo di Levante del porto pesarese: *un mole isolé, dit de l'Est*, nell' allineamento della detta *jetée* si volle costruire, sicuri di ottenere fra i due moli *une bonne passe;* ma cotesta bocca, di 150 metri di apertura, *fut*, ci dice Frissard, *promptement comblée par les sables*. Resosi quindi quel varco inutile alla navigazione, cui era destinato, si chiuse e si fondò *un brise-lames isolé* molto più in fuori, cioè staccato 230 metri dai moli principali, e distante dalla spiaggia metri 630, dando ad esso, rapporto al lido, all'incirca la direzione parallela al lido stesso. Queste opere, lasciando aperto l' adito al corso dei flutti più vivaci e della corrente littorale che ivi giunge talvolta ad aver persino la velocità di $2^{m},50$ a 3 metri per secondo, hanno prodotto depressione nel fondo ma *près et autour de leur emplacement*, come osserva Raffeneau de Lille. Nel mezzo dei varchi però, e a destra e a sinistra di essi, si sono formati dei banchi ben nocivi alla navigazione, in guisa che, ci avverte il Minard, *le mal a été aggravé par la jetée de Frontignan, et plus tard par le brise-lames isolé.*

1559. * Ecco come il Régy rende ragione di questi effetti in detto porto.

* « *Si l'on observe la mer un jour de tempête, on l'aperçoit*

troublée sur plusieurs milles au large par les sables que la vague a soulevés, et que les courants du littoral, dans la partie du golfe de Lion qui nous occupe, transportent de gauche à droite, par l'effet combiné des vents du large et de la direction de la côte, avec des vitesses qui atteignent de $2^{m},50$ *à 3 mètres par seconde devant Cette. On dirait une rivière marine qui longe la plage, chargée des sables que les vagues lui ont livrés* (e che con essa trasportano, aggiungo io), *et qu'elle* (ed esse) *dépose et jette sur le rivage, dans les anse et dans les ports. En passant à Cette, entre le brise-lames et les jetées, elle* (ed esse) *en laisse dans les passes, tous les ans, de* 80 000 *mètres cubes à* 100 000 *mètres cubes.* » Questo lavorìo si vede in tutte le spiagge sottili: la differenza sta nel più e nel meno. Citerò un altro esempio, che ho sotto le mani.

1560. * I moli del porto Neroniano in Anzio, situati anch' essi in fondo arenoso come il pesarese, lasciano un varco di 60 metri, il quale costituiva la bocca di quell'antico porto, e che conserva sempre una ragguardevole profondità di acqua. « Non si deve credere però, dice il Linotte, che il fondo di metri 9,50 ritrovato alla bocca (del porto Neroniano), continui nel porto e al di fuori verso levante, né che sia un canale presso a poco così profondo; poiché non è altrimenti vero: *l' acqua scema sensibilmente e si riduce presto....*» E qui nota diversi scandagli decrescenti tanto dentro che fuori la bocca del porto.

1561. * Io pertanto credo fermamente che un sistema con i moli protratti in mare, e non guarnito di scogliera come quella da me proposta, cónserva il gravissimo difetto di quello in uso negli altri porti a canale, cioè di far avanzare più rapidamente la spiaggia a collo alla palafitta, o molo di levante in Pesaro; ed un varco qualunque non terrà depresso il fondo del mare che alla testata delle due dighe; ma a destra, nel mezzo ed a sinistra di esso si formeranno de' banchi nocivi al libero uso del porto, come è accaduto in Anzio, in *Cette* ed altrove. Questi difetti uniti a quello dell'incomodo che arrecherà il varco ai bastimenti che vorranno entrare nel canale, faranno sollecitare la chiusura del varco stesso; nel qual caso, si giudicherebbe per fallito l'espediente di cui tratto, il che non sarebbe vero.

1562.* Per ovviare appunto ai tristi effetti della natura libera

dei flutti, che produce avanzamento di spiaggia ed irregolarità di fondo attorno alle opere idrauliche, io vedo necessario di frenarla e di regolarla con munire di scogliera la destra della mia foce, da quella parte donde provengono i flutti più potenti e più nocivi. Affinché poi questa scogliera possa produrre un completo utile effetto, è mestieri che sia pari alla punta del molo di levante e quasi parallela al lido di quel porto. Se fosse discosta dalla punta, cioè se il mio molo di levante si protraesse in mare oltre la linea di detta scogliera, la ragione e l'esperienza mi dettano, che il benefico effetto di essa sarebbe di molto scemato, e forse ne accadrebbe uno nocivo. — In qualunque sito si adotti il mio trovato si deve rispettare la condizione d' intestare la scogliera pari alla punta del molo più sporgente in mare : non è poi necessario che essa sia aderente alla riva. —

* La ragione in fatti mi dice che i flutti di destra urtando nella scogliera non potrebbero liberamente scorrere verso sinistra e tenere profonda l' imboccatura del canale, ed a conveniente distanza da essa conservare un congruo fondo, per cagione dell' ostacolo che loro opporrebbe la protratta punta del molo. L'esperienza poi mi mostra che cotale scogliera, ed il prolungato molo di levante non mancherebbero di essere sepolti dalle arene. Difatto in Anzio, il molo Innocenziano s' innesta ad angolo retto col sinistro Neroniano, il quale si protrae per un certo tratto verso l'alto mare; formando così quella figura che presenta la spiaggia destra del vecchio canale in Pesaro ed il molo di levante se fosse protratto oltre la spiaggia. Nel punto della innestatura dei due moli in Anzio, io registrai in una mia scrittura su quel porto (*a*), vi era un varco il quale si volle chiudere. Cosa accadde allora? Quantunque l' intero molo Innocenziano, e quella parte del Neroniano che si avanzava in mare fossero guarniti di scogliera, pure di mano in mano vi si depositarono le arene, e ben presto si alzarono tanto da presentare un passeggio all'esterno dell' Innocenziano, ed a dosso all'attiguo tratto del molo Neroniano, ove il varco venne chiuso.

* Lo stesso dovrebbe accadere in Pesaro essendo medesima la natura dei due luoghi.

(*a*) *Osservazioni idraulico-nautiche sui porti Neroniano ed Innocenziano in Anzio.* Roma 1848, pag. 18 e 19.

1563 * Tanto peggio poi sarebbe se si permettesse che dalla parte destra del molo di levante si formasse spiaggia, come naturalmente accadrebbe se non si praticasse la proposta scogliera. In questo caso, il varco sarebbe, e con sollecitudine, anche completamente chiuso dalle sabbie.

* Dai fatti raccolti nei numeri 1359 al 1364 si può, in genere, desumere la prova di questa mia previsione, e l'avremo anche in ispecie dai seguenti fatti, che trovo dal Trinchera registrati.

* « Nel 1863 la spiaggia non ancora si era dell' intutto congiunta al molo vecchio (in Salerno), ma per effetto di un forte temporale mosso dai venti di scirocco a mezzogiorno, si unì intieramente, per modo che si saliva sul molo vecchio a piedi asciutti. In dicembre del 1864 spirarono per più giorni di seguito forti venti di mezzogiorno, e tutta la spiaggia del littorale di Salerno si vedeva notevolmente rialzata da lapilli e arene, e altro minuto materiale ammassato su essa dalla furia del mare. In fine in febbraio del corrente anno 1865 regnarono per qualche tempo i venti di libeccio e nel giorno 6 di detto mese precipuamente furono molto impetuosi. Ebbene, l'azione di trasporto delle onde da ponente ad oriente de'cennati venti fu notevole lungo tutta la spiaggia di Salerno, e in allora si riaprì alquanto il passaggio tra la spiaggia e il vecchio molo, e poscia, dopo pochi giorni, tornò ad oppilarsi. »

* Ovunque le stesse cause hanno prodotti sempre i medesimi effetti!

1564. * Questa è la ragione e questi sono fatti che mi hanno suggerito di proporre la mia scogliera pari alla punta di levante del mio molo. Che se questa pratica incomoderà o non permetterà l'approdo ai bastimenti nel canale con tempi forzati, il complemento del mio trovato somministrerà però ai medesimi *un ridosso nella protrazione isolata, e così avranno un comodo ed utile porto nel maggior numero de' casi ed un sufficiente ricovero nei casi di grosso mare.*

1565. * Mi si potrebbe accagionare di negligenza perché non ho parlato dei cattivi effetti della diga isolata del porto-canale di Sinigaglia, così vicino a quello di Pesaro. Non ne ho parlato perché questo fu brutto parto di più brutto

concetto: non approvato dai giudici in scienza; condannato dal fatto; disapprovato dai marini, ed abbandonato nella infanzia dallo istesso suo concepitore! Quindi non merita prender parte tra le opere serie.

1566. * La storia dei lavori idraulici ci mostra, che nei lidi di fondo arenoso e ghiajoso, come quello ove sono i nostri porticanali, non solo i moli uniti alla spiaggia, ma anche le dighe isolate; in una parola tutte le opere idrauliche di questa specie, non aiutate da una scogliera come quella da me proposta, hanno tutte dato risultati molto inferiori alle concepite speranze, talune hanno finito per essere inutili alla navigazione, e tali altre sono giunte a rendersi ad essa nocive, abbenché siano state situate a più centinaja di metri dal lido.

* Per quanto io abbia veduto e letto non posso citare un solo fatto contro questa storica esperienza; mentre d'altra parte, diligenti e ripetute osservazioni sugli effetti delle onde e delle correnti contro una libera scogliera, mi assicurano dell' utile risultamento che può attendersi da quella da me proposta per Pesaro. E questo risultamento sarà più completo ancora se in luogo di scogliera a sasso perduto, si usasse, almeno nelle due testate che costituiscono il varco, un muramento regolare. I scogli gettati gli uni su gli altri per un certo tempo si mantengono con conveniente scarpata e producono una risacca che agisce sul fondo e ne determina abbondante spurgo. Ma coll'andar del tempo l'azione ripetuta delle tempeste sloca e consuma gli scogli, allunga la scarpata, ed indebolisce la forza scavatrice dei flutti nel letto del mare.

1567. * Con la intenzione di facilitare sempreppiù lo scorrimento delle fiumane presso la foce, voleva proporre nel nuovo porto di Pesaro un altro espediente, se la spesa per questo non fosse stata notabile, ovvero se il beneficio da ritrarsene poteva essere da me dimostrato meritevole dell' occorrente dispendio. Io pensava di proporre, che la sponda sinistra del canale potesse essere sommergibile, cioè avere la sua altezza limitata a quella delle maggiori marèe, e la rimanente altezza della detta sponda sino al piano stradale, staccarsi dall'altra di destra quel tanto e nella direzione che vedesi nella unita pianta, figura 1 (Tav. II) linea tratteggiata. Questa più ampia sezione nella superficie del

canale non avrebbe in verun modo pregiudicato la navigazione, perché l' altezza della ripa sommergibile non essendo inferiore al pelo delle più ardite marèe , avrebbe sempre conservato , nello stabilito concavo canale di trenta metri di larghezza, un corpo di acqua bastante a mantenere scavato il fondo e depressa la soglia di scarico in mare, anche nei casi che il flutto-corrente non vi avesse preso parte: anzi detta sezione avrebbe permesso alle acque di estendere gran parte delle torbide , di cui sono cariche coteste grosse piene anche alla superficie , in un vasto tratto di mare , e fuori e sottovento del canale navigabile. Non è necessario avvertire che questa specie di golena dovrebbe essere tutta solida e giungere sino alla battiggia del mare, ove dovrebbe con muro far fronte ai flutti tramontani. L' ultimo tratto di metri 150 della sponda sinistra, che s' inoltra in mare, per sicurezza e per comodo della navigazione dovrebbe lasciarsi di altezza eguale alla sponda destra, cioè non dovrebbe esser sommergibile. Quella specie di golena avrebbe inoltre bisogno di essere ogni volta spurgata dalle materie che le acque vi lascerebbero nel ritirarsi; materie che, se ad altro uso non servissero , potrebbero esser gittate dinanzi al muro di battiggia, ove dalla prima mareggiata sarebbero spazzate ben lungi da quest' ostacolo pressoché verticale e resistente. Esso darebbe la mano al destro braccio di scogliera per non permettere che a destra, a sinistra o di fronte alla foce si trattenessero materiali ostruttivi.

1568. * Mi credo inoltre in dovere di avvertire che il ripetuto Rossi proporrebbe una giunta al trovato mio. Ecco le sue parole : « Dalle cose dette si vede non poter nella pochezza del mio ingegno non lodare l'espediente o trovato del sig. commendator Cialdi da lui proposto per il porto di Pesaro ; perciocché la protrazione isolata di dugento metri nello stesso andamento del molo destro , e la scogliera tra la sponda destra del nuovo canale e l' altra dell' abbandonata dovrebbero realmente essere cagione dello sviluppo di una potente corrente a traverso l' apertura di 150 metri che propone tra la protrazione isolata e la punta del molo di levante. E se dovessi emettere una opinione , per soddisfare alle cortesi istanze del signor Cialdi, direi che potrebbe esser utile disporre la scogliera

e la contigua estremità del molo destro così, che i grandi cavalloni venenti dal largo potessero salire come su spiaggia, sullo spazio giacente alle spalle di essa scogliera, e quindi potessero le acque loro giungere in gran parte a precipitarsi dalla sommità dell'estrema porzione del molo di levante giù nel Canale della foce: in tal guisa le materie grosse, che il fluttocorrente potrebbe condurre al lido, sarebbero abbandonate alle spalle della scogliera, il flutto di ritorno farebbe meno impedimento agli strati liquidi inferiori del fluttocorrente proveniente dal largo; e l'acqua precipitantesi dalla sommità del molo di levante giù nel Canale con forza viva acquistata, andando ad urtare sul fondo di esso Canale, dovrebbe produrvi escavazioni; ed aggiungendo acqua ad acqua rendere più viva la corrente: e ciò parmi sarebbe utilissimo nei tempi di grandi magre del fiume: e come leggo che la magra massima ha luogo ancora nei mesi di settembre e dicembre, nei quali il mare suole essere tempestoso, veramente dovrebbe avvenire che la corrente del fiume fosse fatta alquanto più viva dalle acque stesse del mare. »

* Se da me dipendesse l'esecuzione del mio progetto, io adotterei la proposta del valente ingegnere Rossi, costruendo però in modo la scogliera che il piano di essa non permettesse ai flutti di ascenderlo e sormontarlo che nei soli casi di straordinarie tempeste. In questi casi sarebbe bene usare parte della loro soverchia forza nel giuoco indicato dal Rossi; ma nelle tempeste ordinarie, preferirei sempre che essi flutti fossero interamente obbligati a passare per l'apertura lasciata tra il molo di levante e la protrazione isolata, onde non fallisca il necessario lavoro di spurgo nel varco e nella foce, unico scopo di questa scogliera. Essa esser deve quella che, insieme alla protrazione isolata, incatenerà i flutti e li renderà poderosi schiavi, come desidera il Russell. Senza di essa non si speri ottenere utile e costante fondo in quel varco ed in quella bocca di portocanale, come non si è fino ad oggi ottenuto in verun altro varco e in verun altra bocca di porto della stessa specie.

1569. * Nel progettare opere di tal fatta l'ingegnere deve trarre profitto dagl' insegnamenti della esperienza, e però tra le altre cose cercar deve sopratutto di stabilire un paragone tra la posizione del lavoro a costruirsi e quella di altri che gli

si mostrano in condizione eguale o simile; dico anche simile, atteso che di rado esiste la perfetta identità fisica de'varî luoghi, quantunque per il caso nostro l'abbiamo. Ora, affinché la mente nel paragone sia condotta ad un lodevole giudizio, bisogna, ognuno m' insegna, aver molto osservato, e non solo tra noi, ma anche altrove, essendo incontrastabile, che *più gli occhi han veduto, più vede la ragione.*

1570. * Dopo pubblicato il mio trovato, vi fu un brioso scrittore, non sempre esatto ed imparziale, il quale, tuttavìa, è stato più volte citato in questo libro, perché mi ha fatto sempre piacere, come per altri così per lui, notare il merito ove lo vedevo. Esso mi scriveva che la detta mia diga isolata era *esattamente la ripetizione del praticato da molti anni in Ravenna.*

* Per vedere l' immensa differenza che passa tra la protrazione o diga isolata introdotta da me ed il praticato in Ravenna, basterà dare un occhiata alla figura 1 e 2 (Tav. II) della pianta idrografica qui unita; e per persuadersi dell' uso che si faceva delle protrazioni isolate in Ravenna e di quello che si farà della mia protrazione in Pesaro, sarà sufficiente che io qui ripeta quello che ho già detto nella scrittura che accompagnava il progetto.

* « Questo isolato lavoro (cioè quello di Ravenna) come ognun vede; non è la ripetizione di quello del Porto-di-Levante in ogni sua parte e tanto meno del trovato Rivera, *ed esso sostanzialmente diversifica pure dal mio espediente.* La travata di sinistra praticata in Ravenna toglie a quella di destra, a cagione della prossimità della prima, l' utile ufficio di formare una libera rada coperta dai venti regnanti e dai dominanti di quel paraggio, come vi si presta la protrazione isolata da me proposta pel paraggio di Pesaro. Dai marini del Porto-Corsini si vorrebbe chiusa l'apertura formata dal tratto del canale isolato e da quello unito alla riva, perché reca loro molta molestia nell'entrata del porto. Io credo che abbiano ragione, dappoiché quelle corte palificate isolate ed a traforo non somministrano loro ricovero, né come canale, né come rada. Essi se vogliono star sicuri, sono obbligati a traversar quell'apertura ed entrare nel porto; inconveniente che non accadrà colla protrazione

isolata in Pesaro, perché in questa, quando il mare sarà tale da rendere molto incomoda la traversata dell'apertura da me proposta (benché molto più vasta dell'altra), i bastimenti troveranno facile accesso e sicura dimora nella mia diga isolata, godendo poi nei tempi maneggevoli del generoso fondo di acqua prodotto dal fluttocorrente in questa apertura e nella bocca del porto. Così avranno un comodo ed utile porto nel maggior numero dei casi, ed un sufficiente ricovero nei casi di grosso mare, cioè *di maggior bisogno*, il che non può accadere in Ravenna. »

* Dopo ciò è da sperare che si troverà dal paragone fatto non giusto il giudizio datone il quale vorrebbe far credere che la mia protrazione isolata *ripete esattamente il praticato da molti anni in Ravenna*; che anzi dovrà certamente convenirsi che i due sistemi di protrazioni isolate diversificano essenzialmente in sé stessi, e sono opposti nell'uso a cui sono destinati.

1571. * La preferenza data dal nostro Consiglio di Arte al concetto mio per il nuovo porto di Pesaro; l'ordine di esecuzione del medesimo emanato dal Governo; l'elogio che di esso ha fatto il Rossi nell'opera citata (1380); il saperlo, mentre scrivo, in attività di lavoro dopo matura revisione, e le considerazioni svolte in questo articolo, mi mettono nell'animo la convinzione che il mio trovato sia realmente da preferirsi ad ogni altro per un portocanale.

1572. * Ed è appunto in tal convincimento che io, nella prima edizione di questo libro, mi feci a proporre per l'importantissimo Portosàido il medesimo trovato; proposta che in ogni parte oggi confermo. Oggi ne sento anche più d'allora l'utilità, dopo la lettura che in questi giorni ho fatta della lucida, dotta ed ufficiale *Relazione tecnica*, intorno al canale attraverso l'istmo di Suez, compilata dal citato nostro ingegnere Kramer. In essa si legge: *Attualmente* (luglio 1865) *non esiste che un primo tratto della diga di ponente lungo* 400 *metri . . . . Lungo la scarpa esterna di quel tratto della diga occidentale che è già costruita a Porto-Saïd, si è formato, come già si prevedeva, un banco di sabbia.* E guardando alla *Pianta della rada di Porto-Saïd* che vi è annessa, si misura che esso banco si accolla addosso alla diga per tutta la lunghezza sua ed alla base,

congiunta alla riva, si estende sopravvento e sopraccorrente per metri 1700 (Tav. III qui unita). Vediamo ora quanto tempo è trascorso per formarsi questo interrimento.

1573. * « Il primo lavoro intrapreso a *Porto-Saïd* nell'aprile 1859, leggo nello stesso Kramer, fu una diga in palafitte legate tra loro con spranghe di ferro, costrutta nell' asse della progettata diga di ponente. » Ma egli non ci dice quando questa diga a traforo venne empìta.

1574. * Dal giornale del Guglielmotti, le cui coscienziose ed artistiche notizie raccoltevi hanno già in più punti arricchito il presente mio libro, si legge il seguente brano, sotto la data del 15 al 19 febrajo 1864:

* « Ricordo a Portosàido le dighe che dovranno a destra e a sinistra fiancheggiare il canale per entro alle acque del mare, finché non si giunga ad avere otto o dieci metri di fondo. Opera gigantesca del nostro secolo: onorata nel tempo presente, utilissima nel futuro. La diga della destra esiste per ora in disegno sulle carte idrografiche del porto. La diga di sinistra, che si vuol prolungare oltre ai tre mila metri, ora ne ha quattrocento circa; ed è divisa in due tronchi: uno di legno congiunto alla riva, uno di pietra isolato nel mare. Il primo tronco è chiamato da alcuni semplicemente Palafitta: nome improprio ed equivoco. La palafitta è un riparo: e qui l'opera non è continua, non fa chiusura; i pali non sono a contatto tra loro, né hanno il ripieno né a sacco né a muro, né di legno né di terra. È un ponte a giorno, rettilineo, perpendicolare alla riva, formato da una bella travata, confitta sul fondo del mare, e legata con traverse e tiranti, speroni e sorgozzoni di legno calettati e chiodati insieme con spranghe, guide, chiavarde, bracciuoli e staffoni di ferro battuti e impernati. Sopra questa armatura, e sopra un sistema di piane e correnti, si stende un palco, senza spalletta, e senza sponda; ma agiato, solido, e fornito di grue, di macchine, e di una rotaja per tutta la sua lunghezza. Col mio baston da viaggio, che è ragguagliato al metro, trovo la larghezza del palco di metri sei; la testa delle travi alta sul livello del mare più che tre metri; la distanza loro per filo, metri 4, 50; conto le coppie della travata in numero di settanta sette. Deduco la

lunghezza del primo tronco, cioè del ponte, da testa a testa, in metri 346, 50. Scrivo per mio ricordo che non vedo altra scogliera, fuorché dieci o venti tonnellate di scoglietti, messi attorno alle prime coppie di pali sul lido per rincalzargli; essendo appunto qua la montata che dal basso livello della spiaggia e del terreno mena al ripiano del palco. Nondimeno l'acqua del mare spumeggia e fa ritrosi sotto alla diga aperta. Continua il vento di ponente alquanto più mite che nei giorni passati: ma l'acqua che mi passa dinanzi da sinistra a destra è sempre torbida e la sua spuma è gialla. » Dunque nel febrajo 1864, la diga era ancora un ponte di pali a giorno, e solo dopo questa data debbo credere che essa « *venne poi rinforzata da una scogliera di pietre del Mex*, come si legge nel Kramer.

1575. * Portando la data dell'empimento della diga a quella della visita del Guglielmotti (febrajo 1864) e l'altra del compiuto interrimento a quella della particolareggiata *Relazione* del ripetuto Kramer (luglio 1865), noi abbiamo diciassette mesi di tempo, che sarebbe il massimo trascorso.

1576.* D'altra parte tra i primi lavori in quel porto si *fondò alla distanza di* 1500 *metri dalla spiaggia e sull'asse della diga di ponente un isolotto lungo* 60 *metri* ... in 5 a 6 metri di fondo, ed in questo *non si scorge ancora alcun insabbiamento*, siccome si fa notare nella citata *Relazione*. Ma è certo che quando questo tratto sarà unito al primo e cesserà, per conseguenza, di permettere ai flutti diretti ed alle risacche di respingere altrove i materiali ostruenti, in una parola quando esso sarà congiunto alla diga, l'interrimento non può mancare di progredire ed accollarsi anche ad esso (1514). La diga di Malamocco è un fatto parlante: l'insabbiamento nel 1856, dopo non più di tre lustri da che si cominciò a gettare il primo scoglio, si era di già ad essa accollato e l'aveva *sepolta fin ove erano prima nove metri di acqua* (1338), ossia in profondità circa la metà maggiore di quella ove ora esiste l'indicato isolotto di Portosàido, e maggiore ancor di quella ove si vorrebbe che cessasse l'azione delle onde anche sulle arene!

1577. * Il primo interrimento adunque alla diga occidentale di Portosàido, si *prevedeva*; e certo non poteva

non esser preveduto dagli uomini in scienza eminenti e in fede ottimi che hanno avuto parte alla compilazione di quel vasto ed elaborato progetto. Si può in effetto domandare con Lamblardie, padre: Da dove vengono i materiali? Dal fondo e dalle sponde del mare. Si può impedire che questo accada? Ciò è impossibile. Dunque è impossibile d'impedire che le acque s'impregnino di essi. Quali sono le cause che obbligano i materiali a radere e camminare lungo il lido di Pelusio? La direzione e l'azione dei venti dominanti e regnanti che ivi soffiano dalla parte di Ponente, o meglio dal quarto quadrante, e quella della corrente littorale che ivi collima con essi. Si possono impedire i cattivi effetti dell'interrimento prodotto dall'azione di cavamento e di trasporto dei flutti di quei venti e di quella corrente ordinaria col progetto in esecuzione del Portosàido? La cosa è impossibile. I materiali dunque ivi nuoceranno sempre; *et à quelque distance que vous prolongez vos jetées, laissez agir la nature, le galet* (diceva Lamblardie e noi dobbiamo dire rene e melme, materiali di molto più facile trasporto) *les aura bientôt dépassées: c'est l'affaire du temps; et le temps et la nature seront toujours audessus de vos efforts.*

1578. * Prima e dopo Lamblardie, tutti gli scrittori nostri e di oltre monte hanno esposto lo stesso ragionamento, ed i fatti, pur troppo, ne hanno sempre confermato l'esattezza.

* Ecco, per esempio, come il Tadini descrive l'andamento del fenomeno: « Il movimento de'sabbioni è come una corrente di acqua: se a questa viene sbarrato con chiusa il canale, s'interrompe per breve tempo il suo corso, fintantoché, alzandosi essa, superi la sommità della traversa; superata la quale, si continua il primitivo moto come se la chiusa non esistesse. In simile guisa la palizzata (o molo o diga) arresta il corso di una mano di sabbioni, finché questi, ad essa addossandosi, superino la sua estremità, dopo di che passano loro a tergo e quinci continuano senza intoppo il loro cammino, nulla più giovando a trattenerli la superata palafitta.» Quindi era facile prevedere nella diga di Portosàido, essendo in spiaggia sottile, la ripetizione di quanto si è verificato nei porticanali dell'Oceano (1316 e 1317) e del Mediterraneo. Essa in fatto è un'opera simile a quella della diga o molo di Brescou, di Cette, del Marzocco e del

Fanale in Livorno; di Anzio, della marina di Vico, di quella di Atrani, di Malamocco, eccetera. Quindi dev'essere soggetta alla stessa legge degl' interrimenti cui van soggetti, in una parola, tutti i guardiani o moli che, in ispiagge sottili, si partono dalla riva e s' inoltrano in mare intercettando il libero scorrimento dei materiali da sopravvento a sottovento.

1579.* Cosicché quel lucido ragionamento e questi ineccezionabili, universali e concordi fatti ci obbligano a *prevedere* ancora un secondo insabbiamento, il quale sarà tanto progrediente e vasto quanto la susseguente lunghezza della diga. Il fatto poi del sollecito ed abbondante insabbiamento verificatosi nella diga sinistra di Portosàido ci prova inoltre l' abbondanza dei materiali mobili in quel sito, e l'energìa dei veicoli ivi dalla natura adoperati (1572 e 1575).

1580. * « Ma queste ragioni, si legge nel Progetto preliminare di quell' opera datato del 20 marzo 1855, ma queste ragioni esistono per la più parte dei porti attuali, e se di per sé stesse fossero bastevoli per impedire la costruzione di un porto, possiamo dire che ben pochi di quelli che oggi vediamo sarebbero stati eseguiti. (Ed io aggiungerei, nessuno, se sono in spiagge sottili).

* « Secondo noi, la questione essenziale è di sapere se il porto una volta stabilito, potrà sussistere senza richiedere *troppe* spese di manutenzione. » Sì, potrà sussistere, rispondo io, e divido in ogni parte il giudizio qui sopra espresso dagli ingegneri compilatori del Progetto preliminare. Ma perché il porto si conservi senza richiedere *troppe* spese, è d'uopo, intorno agl'insabbiamenti, partire da calcoli ben diversi da quelli che si credettero in quel tempo ragionevoli. Per esempio, allora si disse « che sarebbero stati necessarî *cento anni per fare avanzare la spiaggia di* 400 *metri, il cui avanzamento non produrrebbe alcun effetto sensibile all'estremità dei moli.* » Invece il fatto ha provato che questi 400 metri di avanzamento si sono avuti in meno di due anni (1575). Quindi io porto opinione che se non si provveda con qualche spediente o trovato, il quale efficacemente possa impedir gli effetti della contraria natura del sito, nello stesso modo che si è fatto errore sul calcolo del tempo

occorrente agl' insabbiamenti, altrettanto se ne farà sul calcolo della spesa di mantenimento e di conservazione del porto.

* Ma questa spesa, oso affermare, sarà messa nell'ordine delle consuete, anzi in limiti anche più ristretti di queste, quando, avuti presenti i principî di verità mostrati in questo libro, si voglia trovar utile l'adozione di quel trovato, che ora in Pesaro è in via di costruzione. O questo, o un altro più efficace, se è possibile rinvenire, è di assoluta necessità, se si vuole convenientemente raggiungere lo scopo.

1581.* Tre idee sono state presentate per eliminare o almeno attenuare le morali conseguenze sinistre di questo, in genere, previsto cattivo effetto sull'avanzamento di spiaggia addosso alla diga del nuovo porto egiziano. Primo, quella suggerita dal fatto del pochissimo avanzamento della spiaggia presso Pelusio dai tempi storici a noi: secondo, quella basata sull' opinione della niuna azione delle onde a otto o nove metri di profondità e della debolezza della corrente littorale: terzo, quella della libertà che sempre resta di protrarre le dighe quando sarà accaduto l' interrimento di esse che, secondo il giuoco di queste idee, accadrebbe in tempo per noi remoto.

1582. * La prima idea sarebbe giusta se non si facesse costruzione alcuna in quel lido, che ne alterasse il regìme; ma la necessità di una diga attaccata alla riva e lunga non meno di 3200 metri, altera la natura del sito, ed il fatto dell' accaduto insabbiamento (1572) parla già abbastanza chiaro. In questo giudizio io ho la fortuna di trovarmi in perfetto accordo con il Paleocapa: « . . . è nostra opinione, egli dice, non potersi la rada di Pelusio riguardare come stabilita e sicura non solo contro gli insabbiamenti provenienti direttamente dal mare, ma nemmeno contro quelli che traggono origine dalle alluvioni del Nilo, quando se ne mutasse la condizione attuale, coll'aprirvi un gran *porto*. » Ed ora siamo in questo caso. La lunghezza della diga sbarrerà il varco ai materiali che senza di essa si sono sviluppati all'Est di Sàido, ed han lasciato più profondo il mare in maggior vicinanza delle foci del Nilo, perché le punte di *Burlòs* e di Damiata sporgenti in mare dal Delta formano guardiano a questo tratto di lido.

1583.* La seconda, sono obbligato a dire che è interamente

erronea. Ho provato che le onde hanno potente azione nel Mediterraneo, e però in quel lido, sino oltre i quaranta metri di profondità (654). Ma su di questo fatto ho la disgrazia di non essere d' accordo col Paleocapa (183); anzi sono costretto dalla verità ad un notevole disaccordo con lui e con molti altri di simile valore. Possa il vero, da me altrove esposto e sempre più provato in questo libro, essere apprezzato anche da loro, e specialmente da lui. La scienza idraulica applicata ai porti farebbe un gran passo! Ed ammesso pure che l'azione smuovente dei flutti si limiti in quel sottile e regolare lido subacqueo ad otto o nove metri, su di che non posso convenire, resterà sempre vero che l' interrimento prodotto in profondità minori assottigli le maggiori, ed ove oggi non giungeva l'azione delle onde, domani vi giungerà per la diminuita profondità del letto del mare. Questo effetto è tanto più rilevante quanto la natura della spiaggia è più sottile.

* Ho provato ancora, nell'articolo settimo di questo capo, che la tenue velocità naturale della corrente littorale acquista gran vigorìa quando la sua direzione collima con quella dei flutti, siccome è nel lido egiziano.

1584.* Resta la terza: Questa è giusta. Certo, colla continuata protrazione dei moli di un portocanale si va riacquistando quella profondità di acqua che l'antecedente protrazione ha preso gran parte a far sollecitamente diminuire e quindi perdere alla bocca del porto. Ma questo sistema, quantunque efficace, è, per lo meno, molto dispendioso. Vero è che la grande utilità dell'opera a cui tende il Portosàido (Porto, che nell'istesso significato del nome arabo porta l'augurio Felice della sua riuscita) potrà senza dubbio esuberantemente far fronte a quella spesa e compensare ancora gli altri inconvenienti propri a tutte le protrazioni in permanenza. Sì, io sono convinto che quando anche non vi fosse di meglio da fare, quello che è approvato e che è in corso di esecuzione in quel porto si dovrebbe continuare. Egli è opera sovranamente utile e sempre lodevole. Per me è tale il vantaggio umanitario e commerciale di siffatta opera che io, nella mia pochezza, vi presi quattro voci sociali, e non le venderei fossero anche quattro mila col benefizio del cento per cento. Ma egli non sarebbe più utile poter giugnere all' istesso fine

senza quella continuata spesa, e senza tutti gli altri difetti, che sono conseguenze del rimedio di quel male ?

1585. * Se in ogni altro portocanale ragion vuole che si studino tutte le vie per trovar quella che almeno allontani molto il bisogno delle protrazioni in permanenza, tanto più si dovrà far questo studio per un porto così importante e così minacciato dalla natura del sito, come è quello di cui tratto.

* Noi tutti in massima siamo d' accordo che nella diga del porto egiziano accadrà dalla parte di Ovest quell' insabbiamento che è accaduto e va accadendo dalla parte di Est nella diga del porto veneto ; e solo non ci accordiamo sulla quantità dell' insabbiamento. Quanto a me dico che non sarà meno sollecito e meno abbondante l' insabbiamento futuro nella diga di Portosàido, di quello già prodotto e che produrrà ancora la diga del porto di Malamocco (1338). Ma l'arma di cui dispone questo porto per conservare il fondo della sua bocca non può possedersi dal nuovo porto egiziano. « . . . quella forte correntìa di riflusso, dirò col Paleocapa, che viene naturalmente procurata dalla notevole marèa che si manifesta sui lidi veneti, mercé la quale l'ampia laguna riempiuta nelle sei ore del flusso, si scarica nelle sei del riflusso uscendo in mare per il canale del porto » di Malamocco, non esiste nel Portosàido. Ed eccone la ragione che attingo dallo stesso Paleocapa. « Nella rada egiziana, qual pur fosse il punto scelto per aprirvi il porto, sopra una simile naturale corrente non potevasi contare, perciocché ivi manca innanzi tutto la marèa periodica; poi l'aperto porto non si sarebbe trovato in quelle condizioni di sito in cui trovasi quello di Malamocco rispetto alle sue lagune. Né sopra un' artificiale corrente potevasi contare, perciocché riconosciuta la insufficienza di quella che avrebbero procurato le marèe del mar Rosso, vi si rinunciò intieramente, tanto più che per ottenere un simile tenuissimo effetto di correntìa sarebbe stato necessario imbrigliare il Canale dei due mari dall'una e dell'altra estremità con sostegni e conche che recherebbero un troppo notevole impedimento alla libera navigazione. »

* Dunque, da quanto si riferisce dal Paleocapa e da quanto si desume dai belli studî del Lieussou e del Lombardini sul *regime delle acque* di quel bosforo, il canale di Portosàido non

ha corso di acqua efficace da mantenere per sé stesso espurgata la bocca (1260). E come si conserverà in essa la voluta profondità? A questa domanda altra risposta non posso aspettarmi che la trita sentenza: *Il moto ondoso non avendo veruna azione sopra il fondo del mare che giace più sotto degli otto metri di acqua, la bocca di Portosàido è salva, perché le dighe saranno protratte fin ai nove o dieci metri di profondità.* Ma questa sentenza non ebbe mai base né sulla pura teoría dell'onde, né sul nudo empirismo degli effetti che se ne sperimentano: non sulla teoría perché questa si tiene più a galla, non sulla pratica perché questa conduce molto più a fondo. Le cattive conseguenze che verrebbero dall'errore su cui si fonda questo giudizio, sono state da me indicate, quando ad esuberanza provai dall'articolo terzo fino al settimo del capitolo terzo gli effetti delle onde a grande profondità. Quindi più non v' insisto; mi basta qui richiamare il lettore al numero 1583.

1586. * E la corrente littorale? Nell'Adriatico è lentissima (1263), non radente (1279) e contrariata nel nostro lido dal vento regnante (1329); tuttavía le si vuol dare la forza necessaria a regolare le foci di que' fiumi, ad ostruire le bocche di que' porti, a colmare quelle dighe e quei seni, a corrodere e a protrarre quei lidi. Che si dovrà dire della diga e della bocca di Portosàido in relazione colla stessa corrente littorale? Eppure quivi e diga e bocca si estenderanno quasi tre miglia in mare, e la corrente vien resa spesso veloce e sempre vegeta dai venti regnanti e dominanti di quel lido, i quali soffiano nella sua stessa naturale direzione.

1587.* Se poi mi si dicesse: Si useranno le macchine effossorie, rese dal vapore potentíssime, quando si vedrà nel porto egiziano il basso fondo che ostruisce o rende difficile e pericolosa l' entrata degli altri porticanali. Magro rimedio sarà questo, risponderei io; anzi magrissimo. Con le macchine potrete far miracoli a ridosso delle dighe, ossia ove il mare è calmo, ma non farete nulla o ben poco alla bocca, ove il mare è aperto. Io lo sò per prova. Ho con insistenza usato il bargagno a vapore, *Pirodraga*, sul banco alla foce destra del Tevere, in quello alla bocca del porto a bacino di Anzio ed in quello alla bocca del portocanale di Sinigaglia, ed il risultamento del pertinace lavoro

fu sempre frustraneo. Di rado si aveva nella più propizia stagione quella calma di mare, che è indispensabile all' uso di siffatte macchine. Se si potevano unire due o tre giorni di continuato lavoro, notabile era il taglio del banco, notabile l'aumento del fondo: ma una maretta di un giorno, di poche ore, bastava a distruggere l' opera, a livellare l' incisione fatta nel banco ed a riprodurre il basso fondo. In Sinigaglia, durante la fiera del 1847, più volte si presentarono bastimenti alla bocca del porto che volevano entrare, e non potevano per mancanza di fondo fuori la bocca: allora, se il mare era calmo, io uscivo col bargagno a vapore, Pirodraga; solcavo quella quantità del banco che impediva il passaggio, e rientravo in porto, traendomi dietro il bastimento, per il quale si era fatto il lavoro. Se esso avesse tardato qualche ora a seguirmi, ed il mare si fosse alquanto mosso, non entrava più: spariva il fondo, che con la macchina io aveva ottenuto. In questo modo più bastimenti entrarono in porto con pieno carico. Ma questo incerto e pericoloso lavorìo, solo praticabile in pochissimi giorni dell'anno ed il cui prodotto conservasi, generalmente, solo per poche ore, potrà mai essere efficace in un gran porto, destinato a vastissimo commercio; in un porto ove *les navires viendront aussi par flottilles*, come si legge nel Rapporto della Commissione internazionale?

1588. * Il Portosàido adunque non può disporre dell'acque interne come forza spurgante alla bocca, siccome usa il porto di Malamocco, ed ogni altro portocanale, né può usarvi le macchine a vapore, utili soltanto a ridosso della diga e nell' interno del canale. Quindi il nuovo porto egiziano *non potrà mantenere sempre libera l'entrata del porto* da quelle sabbie che, per legge di natura, vi si depositeranno, e però, se vorrà convenientemente conservarsi senza l'obligo delle frequenti protrazioni delle dighe è necessario ricorrere ad altro espediente. Il trovato approvato per il porto di Pesaro pone a disposizione di Portosàido una inesauribile, valida ed economica potenza scavatrice il *Flutto draga*, o meglio il Flutto effossorio.

1589. * Dunque, se la bocca di Portosàido non ha il vantaggio di scaricare nel riflusso una potente corrente come quella alla bocca di Malamocco, ed in forza della quale conserva il fondo necessario a quella navigazione, Portosàido ha il benefizio

di procurarsi una simile ed anche più attiva potenza incatenando ed obligando a lavoro forzato di spurgo il fluttocorrente; e l' otterrà tanto più vigorosa ed efficace, in quanto che la natura del flutto è molto più propria a scavare ed a trasportare i materiali ostruenti (1139, 1306, 1387). E questo maggior effetto è tanto più necessario a Portosàido, per quanto è maggiore il commercio che deve sviluppar questo a fronte di quello di Malamocco.

1590. * Ecco uno schizzo del mio progetto, facile a ridursi in bella forma. Si veda la Tav. III. fig. 1 e 2.

Il bisogno del commercio richiede 9 o 10 metri di acqua alla bocca del canale del nuovo porto egiziano. Per avere il suddetto fondo si è stabilita la lunghezza da darsi alla maggior diga, cioè quella occidentale, di 3200 metri; e per costituire il portocanale si è data alla diga minore, cioè quella orientale, la lunghezza di 2200 metri, fig. 1. Io farei in modo che la diga occidentale, ossia di sopravvento, avesse 2300 metri di lunghezza non interrotta; e quella orientale, ossia di sottovento 1600, fig. 2. Nello stesso andamento della diga occidentale, come se fosse una continuazione della diga stessa, alla distanza di quattrocento metri io partirei con una protrazione o diga isolata della lunghezza di metri 500; cosicché la testata più fuori in mare di questo tratto di diga si troverebbe distante dalla riva come se l' intera diga fosse di metri 3200, mentre in realtà la gettata ed il manufatto di essa non sarebbe che di 2800.

1591. Preferirei nelle dighe la linea di dolce curvatura alla retta, colla convessità rivolta all'occidente; e ciò per due motivi. Primo per cavar il maggior possibile profitto dal deflusso di una qualunque corrente interna (1550–1552). Secondo *pour résister plus efficacement à l' action normale des vagues*, siccome hanno avvertito Sganzin, Reibell, Bellinger ed altri.

* Per avere rispetto all'opera in mare già eseguita, oggi la curva si modellerebbe e si svilupperebbe su quella.

1592. Nella testata della diga occidentale, cioè a 2300 metri dalla riva, innesterei un braccio di scogliera che quasi parallelamente alla riva stessa si dirigesse verso occidente per la lunghezza di quattrocento metri.

1593. La proposta diga, o protrazione isolata, guadagna un fondo di acqua maggiore di quello che si otterrebbe con una diga non interrotta di 2800 metri, e forma una rada di ricovero coperta dai venti più nocivi. Ma non è questo il solo beneficio che produrrebbe il progettato espediente; ché allora esso sarebbe per la spesa di questa diga una economìa non molto notevole in un opera sì gigantesca.

1594. Due sono i benefici che debbono meritare maggiore considerazione (V. Tav. III. fig. 2).

1.° La diga isolata *d* B posta come è nello stesso andamento di quella occidentale, trovasi naturalmente sulla linea di prolungamento che in un remoto avvenire possa essere necessario di dare alle due dighe che costituiscono il portocanale.

2.° Colla diga isolata si ha un'apertura di 400 m. tra il piede di questa diga *d* e la testa di quella occidentale *c*; la quale apertura produr deve rilevanti vantaggi purché sia tenuta intorno alla suddetta misura; e sono i seguenti;

a). Si otterrebbe colla diga isolata un utile fondo di acqua con la minima spesa possibile.

b). Si acquisterebbe similmente una rada coperta; il cui vantaggio proverbiale tra i marinari si esprime coll'aforismo: *non avvi buon porto senza rada.*

c). I materiali che per causa qualunque fossero convogliati fuori del canale, non giungerebbero a depositarsi a ridosso della protrazione isolata.

d). Il mare potrebbe liberamente spazzare quelli che si depositassero innanzi o prossimamente alla bocca del portocanale.

e). Il fluttocorrente sviluppato dalle onde di sinistra, aggiunto alla corrente littorale che nella stessa direzione cammina, non avrebbe soverchia velocità, e l'urto de' flutti tra loro non incomoderebbe di troppo l' entrata dei bastimenti nel portocanale.

f). Si acquisterebbe una comoda bocca occidentale per l'approdo e la partenza de' bastimenti col maggior numero possibile di rombi di vento.

g). Minorando la lunghezza della diga continuata si abbraccerebbe minore estensione di mare, ratterrebbe minor quantità di sabbie, e quindi ritarderebbe l'avanzamento della spiaggia.

h). In fine se dall' esperienza venisse dimostrata più utile una minor larghezza di detta apertura , facile cosa sarebbe il ristringerla, e senza verun inconveniente , perché la proposta diga isolata è nella stessa direzione della diga principale.

1595. È facile il vedere che questo ristringimento può essere attuato col prolungare la diga isolata verso la continuata; come anche è facile scorgere che se per avere una più vasta rada, e per meglio coprire la bocca del portocanale dai grecali fosse utile prolungar pure verso l'alto mare la stessa diga isolata , potrà praticarsi qualunque prolungamento senza verun pregiudizio. Così il braccio di scogliera A *c* se sarà un poco più lungo di quello proposto, produrrà maggior effetto; ma non lo vorrei più lungo di 500 metri.

* Così pure è facile vedere che il vantaggio indicato nella lettera *g* merita speciale considerazione. Giacché se è vero che con l'aumento nella lunghezza della diga si acquista maggior profondità di acqua , non che maggior ampiezza del vaso da riempirsi, è vero pure che lo stesso aumento della diga abbraccia una massa maggiore di materiale in viaggio dall' Ovest all' Est , e l' obbliga a fermarsi nel medesimo vaso. Quindi il beneficio , in una spiaggia tanto sottile quanto è quella di cui tratto, sparisce dopo un relativo breve lasso di tempo.

1596. Credo poi che non converrebbe lasciare più larga di 400 metri la proposta apertura , per usare con vantaggio delle forze che la natura sviluppa nelle vicinanze di quelle dighe, in guisa da spazzare e convogliare verso destra, ossia all'Est, i materiali ostruttivi che impedirebbero di conservare alla bocca del porto il voluto fondo di acqua di nove metri. A raggiungere questo scopo tende poi principalmente il proposto braccio di scogliera dalla parte occidentale del portocanale di sopra descritto, ed eccone le ragioni.

1597. I venti più nocivi per gl' interrimenti in quel lido sono dall'ovest al nord-est, ed è da essi che deve esser coperta la bocca del portocanale. Il ripetuto braccio A, formando flutti riflessi, deve molto contribuire nel trasporto a destra degli infesti materiali, prendendo parte all'azione de' flutti diretti e di quelli riflessi dalla protrazione isolata B, che imboccherebbero nell'apertura *c d*. Nelle tempeste, ed anche in quelle ordinarie, e pure con

semplice vento fresco, il braccio e la detta protrazione devono obbligare le linee dei flutti, comprese nella cinta di questi due ripari A B, a passare per l'apertura *c d* e sviluppare una corrente capace a scavare e a trasportare, e a non permettere la formazione o la consolidazione de' soliti banchi che coronano le bocche de' porticanali anche di acque chiare. Questo braccio forma parte integrale del mio trovato. Senza di esso non si otterrebbe il regolare benefico spurgo da me annunziato, e tanto necessario alla bocca di un porto: dappoiché, come ho già dimostrato, il giuoco de' flutti, ossia l' effetto delle risacche sopra e sottomarine, prodotto dalle sole testate delle due dighe, che costituiscono questa apertura, si limiterebbe a scavare delle profonde fosse alla base di dette testate, e nel mezzo dell'apertura ed ivi presso lascerebbe dei banchi nocivi alla libera navigazione, come è accaduto nei passi formati dalle opere avanzate ed isolate del porto di *Cette* ed in quelli di altri porti situati in spiagge sottili (dal 1557 al 1564). Il solo braccio di scogliera A può dare il necessario vigore e la conveniente direzione alla corrente, perché i materiali siano trasportati lungi dalla bocca in luogo innocuo.

1598. Il braccio stesso servirebbe ancora a formare una vasta sentina, o ricettacolo di materiali; i quali se dal medesimo non venissero trattenuti, sormonterebbero, senza dubbio, la testata della grande diga occidentale, ed assalirebbero la bocca del portocanale (dal 1577 al 1580): ivi racchiusi potrebbero essere estratti con molta minore spesa che altrove e con niuno incomodo della navigazione perché fuori e lontani dalla bocca del porto.

Conclusione

1599. * In questo solo modo io sono convinto che si riuscirà a conservare spurgata la bocca del canale di Portosàido; e però con esso si può in realtà portare ad un tempo per noi remoto il bisogno di protrarre i moli. Incatenando e ben dirigendo la nociva potenza dei flutti e della corrente littorale, da essi sospinta al malfare, si avrà dall'unione di queste forze un perenne e vigoroso lavoro di spurgo, e sarà così ridotta al vero l'idea del Russell (1510). Questo modo inoltre ha il vantaggio di non aumentare la spesa

di prima costruzione, anzi la diminuisce sensibilmente. Imperocché la gettata ed il manufatto della maggior diga sarebbero minorate di quattrocento metri, senza accorciarne la distanza dell' estrema punta dall' alto mare alla riva; la gettata ed il manufatto della diga minore sarebbero diminuiti di seicento metri, e solo vi sarebbe l' aumento di quattrocento metri pel braccio di scogliera semplice e di sezione tanto più stretta delle dighe.

1600. * Per procedere innanzi con tutte le cautele, fatte già tante dichiarazioni, farò ora una supposizione. Ammettiamo che il mio trovato, quantunque riposi su quanto la scienza e l'esperienza ci dettano, e quantunque abbia riportato l'approvazione di Consessi di giudici competenti, pur tuttavìa non corrisponda ai comuni desiderî; in una parola, fallisca. Quale ne saranno le conseguenze? Eccole: la spesa in più di quattrocento metri di semplice scogliera per il braccio innestato alla diga di ponente, che, secondo il progetto approvato, non si farebbe: la diga isolata sarà unita alla maggior diga lasciata interrotta per 400 metri, e la minor diga sarà continuata fino a 2200 metri oggi approvati. Ma la spesa del proposto braccio di scogliera semplice, non sarà tutta perduta, perché, sbarrando a 2300 metri dalla riva il corso dei materiali che tendono a sormontare l' intera diga di 3200 metri, conserverà meglio il fondo alla bocca del canale, ritarderà moltissimo una seconda protrazione alle dighe, e formerà sempre un utile ricettacolo (1598); e quella per unire la diga isolata alla maggior diga, e l'altra per completare la lunghezza della diga minore sono già comprese nel detto approvato progetto; quindi queste due spese non sono affatto in più.

* D' altra parte, se il mio trovato risponde alle fondate speranze, si avrà, oltre all' intrinseco beneficio che esso deve produrre, economìa di tempo e di spesa nella costruzione dell' intero porto; giacché, come si è veduto, si diminuisce la gettata ed il manufatto delle dighe per ben mille metri di lunghezza. E questo non è piccola cosa.

* Dunque, con mandare ad effetto il ripetuto trovato nulla si perde, se fallisce: molto si guadagna, se corrisponde alla nostra aspettazione.

1601. * Per le sopraddette ragioni e per lo stesso fine io proporrei il medesimo trovato alla foce dell' *Adour* , ove , al dir del Daguenet, *stimasi opera perduta ogni ulteriore prolungamento delle famose dighe* , ed ove sono , senza conveniente risultato, costantemente rivolte le cure di quel provido Governo e gli studî di quei preclari Ingegneri, per dare un buon porto all' importante commercio di quel dipartimento della Francia ; e lo proporrei per ogni altro portocanale di acqua torba o chiara che fosse.

1602. * Ma « *il faut du crédit pour fair le bien* » , diceva Vial du Clairbois ; e se questo egli diceva , tanto più lo debbo dir io, cui la debolezza della voce non permette di essere ascoltato nelle alte sfere, ove si giudica e si ordina.

SUNTO

PREVIO

ALLA

CONCLUSIONE GENERALE

I.

Dal num. 1 *al num.* 212.

* I. Lo studio *sulla costituzione delle onde e sugli effetti di esse* non è nuovo: si era creduto che Newton ne fosse l'antesignano, ma invece ha per fondatore Leonardo da Vinci. Tuttavía nel darmi allo studio delle opere di coloro che da quell'epoca fino a noi presso le diverse nazioni si diedero a trattare della costituzione e degli effetti delle onde trovai disparità ed incertezza ne' giudizi, e difficoltà insuperabile per disporre le parziali deduzioni con ordine: in somma rinvenni in tutti uno studio appena abbozzato e disparato tra gli uni e gli altri. E volendone tessere la storia e presentare al lettore un quadro di esso, solo potevano, come avviene nelle arti, ordinarsi i diversi lavori per scuole secondo le diverse nazioni. Ma quivi pure non trovai unità di concetto. Per esempio:

* II. *In Francia*, meno poche eccezioni, la scuola degl' ingegneri de' ponti e strade segue di preferenza la dottrina di Virla; quella degl' ingegneri idrografici e l' altra del genio militare antepongono la teorìa di Emy ; e questa stessa teorìa è quella adottata dai geografi e dai geologi della scuola di Huot. D'Archiac si ferma sulla teorìa delle onde di J. Scott Russell.

* III. *In Inghilterra* , trovai anche minore unità di concetto. Tanto la materia è intrigata. Solo direi che Airy e John Scott Russell abbiano qualche seguace. Murchison, i geologi

suoi collaboratori, e la Commissione governativa per i porti di rifugio, seguono il Russell.

* IV. *Della Spagna*, non conosco che la teorìa di G. Juan; e questa è seguìta dal francese de Poterat.

* V. *In Germania*, rinvengo che meritino principale menzione Franz Gerstner ed i fratelli Weber: dei quali fanno onorevole menzione il Russell, ed il de Caligny: questi, come quelli, seguono la via dell'eperienza; ma gli ultimi due in più grande scala, e rendono i loro copiosi lavori esperimentali utili alle applicazioni pratiche.

* VI. *In America*, non conosco altre esperienze ed altre idee che quelle del Dyar.

* VII. Chiamo *Scuola mista* la Commissione internazionale pel taglio dell' istmo di Suez, perché composta di Membri che appartengono a nazioni diverse. Questa non si è occupata che di uno studio locale per una locale applicazione. Dai lavori di essa si desume che la teorica degl' insabbiamenti adottata è in sostanza quella del Montanari.

* VIII. *In Italia*, meno Leonardo per gli effetti pratici, e Lagrangia e Plana per la sola via dell'analisi algebrica, gli altri da Galileo a noi, propriamente non hanno in opere speciali trattato del moto ondoso del mare; quelli che han ragionato delle acque correnti toccarono più o meno nel senso pratico degli effetti delle onde. Deploro che non siasi ancora da noi reso giustizia al libro di Leonardo sul *Moto ondoso dell' acqua*. Procuro per quanto mi è permesso di porre a confronto i teoremi da Lui dettati quattro secoli or sono con quelli dei più accreditati e recenti trattatori; né trovo nulla di meglio tra questi.

* IX. In *conclusione* il maggior numero degli autori che hanno scritto di questa materia, tra i quali son compresi i più illustri, non ammettono mai moto di trasporto di massa liquida nella propagazione delle onde marine. La teorìa dei moti ondulatori li obbligava per sino a tenersi lungi dall'esperienza, o sottoporre questa a quella. D'altronde, nelle scienze di fatto deve essere l'osservazione la base fondamentale per scoprire il vero: essa sola può ben dirigere lo spirito e condurre alla mèta. Le teorìe poi devono quella susseguire; ed esse

non meritano valore che quando rispettano i fatti osservati, e senza far subire a questi modificazione alcuna. Altri autori ammettono sempre detto moto alla superficie con qualunque vento, ed altri anche senza questo negli strati inferiori dell'onda se urta in risalti; alcuni altri presso al lido in pochissimo fondo, ed altri in fine quando frange.

Io appoggiandomi su prove ineluttabili affermo che nell'onda il moto *notabile* di trasporto di massa esiste sempre nelle tempeste, qualunque sia la profondità che abbia il mare: e senza vento o con vento leggero solo esiste *sensibile* dove lo svolgimento inferiore o laterale di essa trova inciampo, a qualunque distanza dal lido. Per questi e per gli altri non pochi fenomeni sviluppati dall'onda mi trovo o in una parte o nell'altra d'accordo con tutti, ma col solo Leonardo posso credermi in accordo dovunque.

A questo studio e alle mie dimostrazioni ho guadagnato l'assentimento di taluni chiari ingegni; di uno non meno chiaro onorevole controversia: quindi confido che la materia sarà in seguito meglio studiata ed ognor più dimostrata.

II.

dal num. 212 *al num.* 416.

* I. Tocco di volo il *movimento delle molecole nella massa ondeggiante*, perché credo che una compíta teorica ed una sufficiente esperienza ci mancano, e perché mio precipuo scopo è l'investigazione sul complesso del moto ondoso e sugli effetti di esso in tutto ciò che immediatamente si riferisce alla pratica ne' confini della nautica e dell' idraulica, non esclusa in parte la geologia.

* II. Accenno l' *erroneo principio da cui sono dedotti i fenomeni delle onde*; dico che il mare, la meditazione su quanto in esso si vede, lo studio delle opere di osservatori marini, idrografi, geologi, idraulici e fisici, per mezzo dell' analisi di fatti congiunti ai fenomeni naturali, e per mezzo di sapiente sintesi, nella quale i diversi ordini di fatti sieno aggruppati, devono mostrare il vero, dietro le cui tracce mi mossi, come meglio seppi e potei. Tuttavía non escludo

che dai fenomeni desunti in canali artefatti non possa aversi un qualche lume.

* III. Definisco l'*onda in alto mare ed accenno a due casi importanti intorno all'essenza del moto di essa*; quanto alla *definizione* convengo che nell'onda senza vento possa ritenersi che la massa dell'acqua non abbia moto *sensibile* di trasporto; e quanto ai due casi, essi sono: il moto *notabile* di trasporto nell'onda durante la tempesta in alto mare; e questo moto con venti forti, moderati, ed anche senza vento, ma presso il lido: il qual tema viene sviluppato dopo premessa una lunga serie di fatti.

* IV. E però entro prima nelle *osservazioni generali sugli effetti del vento in mare* ed esuberantemente con prove di fatto e di autorità dimostro che il vento deve, quasi sarei per dire, incarnarsi nell'acqua, che prende forma di onda e ficcarglisi dentro, inciderla, e menarla per urto, attrito e fregamento a defluire nel verso della propagazione di questa.

* V. Passo agli *effetti del vento ne' tempi ordinari contro le correnti*; e molte prove mi conducono a dimostrare il grande valore che ha la forza di quello al contatto delle acque fino a deviare le correnti costanti, che come vasti fiumi scorrono la superficie dei mari, ed anche a farle retrocedere.

* VI. Proseguo sullo stesso tema, mostrando i *contrasti di correnti tra correnti a grande profondità di acqua*;

* VII. Gli *effetti delle onde contro le correnti e viceversa*;

* VIII. Il *contrasto di onde tra onde*;

* IX. E da tutto ciò ricavo, come *risultamento*;

Che il vento e la corrente, come masse di molecole in movimento, nel loro scontro producono urto, deviamento ed anche retrocessione della massa più debole.

Che l'incontro di due correnti per la stessa causa produce gli stessi effetti.

Che l' incontro del moto ondoso animato dal vento con quello di una corrente, per la identica ragione dà eguali risultamenti.

Che l'incontro di due vivaci moti ondosi sviluppa i medesimi fenomeni. E perché essi accadano è necessario *che*

due linee d'acqua s'incontrino; e siccome nell'incontro *ciascuna rimbalza indietro*, (o si rompono), così, in questo caso, *mai l' un'onda penetra l'altra, ma solo si riflettono dal luogo delle loro percussioni* (LEONARDO).

Quindi è d'uopo concludere che le onde spinte da forte vento, hanno moto di notabile trasporto di massa ; perché in virtù dell'azione del vento debbono essere onde di moto necessariamente composto cioè *fluttocorrente* e non onde di semplice moto oscillatorio, il solo posto a calcolo nella più usata teorica.

* X. Mi fermo poscia a parlare dell' *azione del vento nelle grandi tempeste sulla superficie del mare*, avvertendo tra le altre cose come oggi si dirigga lo studio sul moto ondoso , e su quello delle correnti ordinarie e straordinarie in tali circostanze; perché da questi fenomeni si può dedurre indizio più sollecito e più sicuro d'ogni altro sulla genesi, sulla forza e sullo svolgimento di una tempesta , benché tuttavía molto lontana. Studio che sarà pur esso non poco utile alla navigazione.

* XI. Osservo la *potenza delle onde contro i bastimenti in navigazione* e

* XII. Termino col notare gli *effetti del vento contro le rive nei casi non ordinarî*. Da queste ultime osservazioni risultano fenomeni ben potenti e talvolta sì stravaganti da superare la previdenza e la imaginazione umana.

III.

Dal num. 416 *al num.* 1022.

* I. Esaminate le diverse osservazioni fatte sull' *altezza, lunghezza e velocità delle onde nell' Oceano* rilevo i vuoti lasciati dagli osservatori ; dal che restano quasi sempre incompleti gli estremi che abbisognano per cavar profitto dallo studio di queste tre visibili misure delle onde.

* II. Cerco le stesse misure *nel Mediterraneo*, ma trovo maggiore imperfezione: affaccio quindi la speranza che nuove osservazioni o più diligente compilatore possano riempire questo vuoto , notando io trattanto quanto abbisogna , perché gli elementi da desumersi dall' esperienze

sieno portati al completo. A facilitare poi il giudizio intorno al difetto delle osservazioni fin qui fatte serve la presente Tavola, che porta appunto i dati principali ed incompleti raccolti dagli osservatori da me consultati.

TAVOLA DELLE ALTEZZE, LUNGHEZZE E VELOCITA' DELL'ONDE

NOMI DEGLI OSSERVATORI	Altezza	Lunghezza	Velocità per ora in chilom.	Velocità del vento	Barometro
NELL'OCEANO					
De Goimpy (424)	13m, 15	61m, 72	48	—	—
De la Coudraye (424)	10	40	—	—	—
D'Urville (428)	30	—	—	—	—
De Humboldt (431)	11	—	—	—	—
Marescot e Gourdin (431)	11 50	—	—	—	—
Gervaize e Dumoulin (431)	12	—	—	—	—
Wilkes (435 e 436)	9 75	115 78	47	—	—
Vionnois (437)	13	400	72	—	—
Ufficiali dell'*Incostante* (437)	18 89	—	—	—	—
De Tessan (440)	6 6	100	—	—	743
Wollaston (442)	—	—	111	—	—
Thomson (443)	—	—	56	—	—
Tate (444)	—	—	28	—	—
Argonauta (448)	28	—	—	—	—
Pentland (451)	12	—	—	—	—
Back (452)	9 14	—	—	—	—
Andew. Lang (453)	13 71	—	—	—	—
Dumoulin, Demas e D'Urville (454)	9 74	—	—	—	839
Walker (463)	8 10	132	45	—	756
Ross (471)	6 71	582	165	—	—
Missiessy (473)	14	—	—	—	—
Nautical Magazine (476)	6 71	100	50	—	—
Scoresby (482 e 485)	13 10	170	53	—	758
Cialdi (489)	10 25	158	27	—	760
Fleuriot de Langle (495 e 496)	33	200	18	—	—
Figuier (498)	12	—	—	—	—
De Wüllerstorf-Urbair (499)	8 84	—	—	—	—
Fitz Roy (503)	18 28	—	—	—	—
I Compilatori della *Guide du Marin* (504)	8	175	74	—	—
NEL MEDITERRANEO					
Marsigli (508)	4 55	—	—	—	—
De Tessan e Bérard (509)	—	—	32	—	—
Reibell (510)	4 50	—	—	—	—
Minard (511)	3 50	—	—	—	—
Frissard (512)	5	—	—	—	—
Smyth (513)	9 14	—	—	—	—

* III. Per notizie tolte da coscienziosi idrografi e marini, i quali registravano fatti, che sotto i loro occhi si manifestavano per norma dei naviganti, noto che *le onde si mostrano frante alla superficie dell' Oceano* ove il fondo dell'acqua è puranche a cinquanta metri; dal che deduco che le onde urtano colla loro base in ostacoli posti sottacqua a quella distanza con impeto tale da spezzarsi in modo visibile e con violenza alla superficie. Infrangimento che non accade alla medesima onda nelle stesse circostanze di tempo, a destra o a sinistra dell'ostacolo se la profondità del mare è quivi maggiore. Fatto che conferma il bisogno di percossa o di molta resistenza per produrre l' effetto dell' infrangimento: senza vento deve urtare con moltissima forza o deve essere l'ostacolo molto rilevato sul fondo per ispezzarsi alla superficie.

* IV. In pari modo dalle stesse fonti vengo in cognizione, che *nel Mediterraneo, nell'Adriatico e nel mar della Manica lo stesso fenomeno dell'infrangimento delle onde* accade fino dove la profondità è di trenta metri; e ne concludo egualmente che quello è l'effetto di un urto potente contro ostacoli che si oppongono già, in quella profondità, al completo sviluppamento inferiore delle onde.

* V. Con la norma sempre di semplici e chiari fatti passo a vedere *a qual profondità giunge l'azione dell'onde, senza che esse si mostrino frante alla superficie dell' Oceano*, e trovo che si arriva a dugento metri, e sull'analisi dei fatti medesimi per induzione deduco che questa profondità deve essere di molto oltrepassata.

* VI. Sulla scorta parimenti delle stesse testimonianze registro eguale fenomeno *nel Mediterraneo* e desumo che la profondità, in cui *le onde inciampano e si mostrano alterate, senza frangersi,* nel loro normale andamento, arriva fino a cinquanta metri dalla superficie, non esclusa una maggiore profondità a noi inavvertita. Quindi da queste quattro categorie risulta il fatto che la rena nelle tempeste ordinarie è sconvolta e mostrata a noi coll' intorbidamento del colore dell'acqua, in profondità di trenta a quaranta metri nella Manica e nell' Adriatico: di quaranta a

cinquanta nel Mediterraneo; e di cencinquanta a dugento nell'aperto Oceano.

Che al disotto di otto metri l' agitazione del mare non esiga più una costruzione di *grossi blocchi* per resistere e restare immobile, come avverte il Pareto, io ne convengo; ma se trattasi di piccoli scogli, di ciottoloni, di ciottoli, di ghiaje, di sabbie e di fango, bisogna scendere nei nostri mari mediterranei e nel mar della Manica due, tre, quattro, cinque, sei volte tanto, e più ancora, perché il maroso non si franga nella parte inferiore e non muova e trasporti questi materiali. Questa graduazione, poco chiarita fin qui, merita speciale considerazione, e porrà d'accordo più disconsenzienti.

* VII. Dopo di aver fatto precedere una serie di fatti che dimostrano gli effetti della *potenza del moto ondoso nell'Oceano* contro le rive e contro i manufatti nei casi ordinari, riferisco i dati che sono stati raccolti sulla esperienza per apprezzare l' azione delle onde in più punti dell' Oceano. Da essi risulta che la potenza di un' onda può sorpassare 30 tonnellate, equivalenti a 30,000 chilogrammi per metro quadrato. Avverto la grande incertezza in cui essi dati sono avvolti, e la gran differenza che passar deve tra i valori secondo le diverse forme date alle pareti dei moli.

* VIII. *La potenza delle onde nel Mediterraneo*, in dati numerici calcolata al molo di Algeri, porta che l'azione del flutto è superiore a 3500 chilogrammi; in Civitavecchia l' ho trovata oltre i 16000 chilogrammi per metro quadrato. Lo stesso può dirsi per l' Adriatico, non che per più punti nel mare della Manica che per i suoi ristretti confini in larghezza ed in profondità deve con questo assimilarsi. — Per avere una spiegazione razionale degli effetti meccanici, prodotti dalla onda quando incontra ostacoli, ho pure consigliato di consultare i calcoli sviluppati dal de Tessan nella seconda parte della dotta scrittura qui pubblicata in Appendice. —

* IX. In queste investigazioni mi sono dedicato pure alla ricerca del tempo che le onde in una data profondità mettono ad effettuare un determinato lavoro; e per buona sorte

ho potuto riunire molti dati che gettano bastante lume anche in questa parte importante della questione. Più specialmente mi è stata utile la storia del ricuperamento degli oggetti contenuti nella fregata la Teti, affondata presso il capo *Frio*; e per essa ho potuto con maggior precisione porre sotto gli occhi del lettore il *rilevante lavoro di distruzione e di trasporto, che le onde sono capaci di fare in tempo ben limitato* anche alla profondità di ventidue metri e più, ed anche alla distanza di circa 110 metri dalla battigia del mare nella linea di traversia. Questa indagine mi ha dato luogo a notar pure che l'uso delle campane da palombaro è utile solo con calma di mare: con mare in tempesta non solo riesce inutile, ma può divenire dannoso quand' anche si scenda a profondità di venti e più metri. Il che dà un' ulteriore prova che il moto ondoso si comunica sensibile a profondità ben maggiori di quelle che si sono ammesse fin qui.

* X. Passo alla *risacca*. Questo fenomeno importante specialmente per la buona riuscita de'porti, poco studiato fin qui in ragione di quanto merita, ha chiamato la mia attenzione; ed ho creduto bene di dividerlo in due titoli:

Risacca della superficie:

Risacca del fondo.

E per l'uno e per l' altro, cito gli esempi de' loro incomodi e dannosi effetti.

* XI. Nel raccogliere i differenti fenomeni del moto ondoso, alcuni di essi vidi non convenire di ordinare sotto le categorie speciali già citate; e siccome anch'essi non mancano d' importanza, così sotto un solo articolo intitolato: *Alcuni fenomeni del moto ondoso in circostanze speciali* volli riunire degli esempi di

Onde senza vento, nel durar delle quali si verificano notabili fenomeni da lor prodotti.

Onde sottomarine, stanteché non è necessario in ogni luogo che il mare sia alla superficie ondulato per produrre fenomeni importantissimi, sempre dalle onde derivanti.

Marosi franti in vasto e profondo mare, per provare che in alto e libero mare si frangono le onde a similitu-

dine di quello che avviene in fondo limitato. Per fortuna questo poderoso fenomeno in grandi profondità accade raramente: comune è quivi l' infrangimento della cresta soltanto dell'onda, e quello dei piccoli flutti che intaccano la superficie totale dell'onda stessa.

Istantanea formazione e trasformazione delle onde per forza di vento, fenomeno che prova la molta facilità che ha il vento nel mettere in moto di propagazione le molecole liquide anche in grandi masse ed ove il preesistente movimento era in direzione diversa.

Calorico sviluppato dal mare per effetto del moto ondoso, sul qual fenomeno non sembra oggi potersi più dubitare per le esperienze dirette che ne hanno reso ragione.

Fenomeno del vento, che non so spiegare: ma notato da autorità ineccezionabili merita l'attenzione dei fisici, ed essi me ne daranno la spiegazione.

Facilità con cui si modera il mare arruffato e la veemenza della cresta delle onde: oltre all'olio, la riunione di più travi in graticolato o frangionda galleggianti, che possono chiamarsi mezzi artificiali, ve ne sono pure alcuni altri naturali, come la costituzione e forma del fondo del mare, non che le alghe.

Eccezioni all'effetto della pioggia sulle onde; come ho avuto occasione di provare che la pioggia ammanzisce la furia delle onde, così mi è occorso notare che ciò non è sempre vero.

* XII. Passo ad alcune *considerazioni generali*, che servono come avvertimenti: 1.° per facilitare il modo di sorprendere la natura delle onde nel momento della loro azione sul fondo del mare; 2.° per giovare alla geologia, alla nautica, ed all' idraulica, seguitare a studiare, oltre quanto ho io potuto fare, a qual profondità *massima* può giungere l'agitazione de'marosi negli *straordinari* fortunali; qual sia l' azione massima di trasporto di essi e quali le direzioni loro più specialmente battute relativamente a quelle dei littorali. Per stabilire il limite della profondità tra il fondo sedimentoso e quello vergine, è stato necessario formare uno studio sull'estensione e giacitura della *ghirlanda dei*

terreni avventizi; e da esso mi sono convinto che l'azione sensibile dell'onda si limita a circa 300 metri nell'Oceano, e che oltre questo limite il moto suddetto non offre valore attivo per le opere idrauliche e per l'esercizio della navigazione. Lo stesso dico pel Mediterraneo limitando la profondità a 150 metri.

* XIII. Il fatto delle *ghirlande di terreni avventizi* ci conduce a credere che le onde in profondità di 200 metri nell'Oceano, e in 80 nel Mediterraneo non solo vagliano i materiali, di cui sono costituiti quei terreni, ma li triturano ancora.

* XIV. Il *coloramento dell' acqua* non sembrerebbe a prima giunta argomento di questi miei studi; ma siccome molte possono essere le vie che conducono alla verità, così io per esso, percorrendo due vie non battute ancora per giungere alla mia mèta, quella tracciata dalla distribuzione della vita vegetale e quella additata dalle leggi dell' ottica, son giunto a confermare che le onde agiscono potentemente a grandi profondità. A questa ricerca di non lieve sussidio mi sono state le esperienze sulla trasparenza del mare dal Secchi e da me eseguite sotto la sua dotta direzione.

Ed anche per mezzo del coloramento dell'acqua sono giunto ad appuntellare il mio tema e dedurre con sicurezza la *conclusione* che l'acqua colorata alla superficie del mare sul banco dell' *Agullas*, posto in 200 metri di profondità, non può essere un' effetto di ottica; l' intorbidamento è proprio delle materie del fondo, e si mostra a noi per effetto di quella medesima causa che ci fa vedere e sentire quei movimenti particolari alla superficie quando le onde urtano o premano nel fondo.

IV.

Dal num. 1022 *al* 1233.

* I. Tra gl' *importanti casi della navigazione* prendo a svolgere i *due* principalissimi intorno alla essenza del moto dell' onda: il primo è il fluttocorrente al largo, parte principale dell' errore del punto di stima in alto mare; il secondo è il fluttocorrente a terra, causa principale che

violentemente mena a ruina il bastimento sul lido. Nell'entrare in aringo intorno al *primo caso* dimostro il difettoso modo in uso per condurre il punto di stima e *quello non meno difettoso per trovare le correnti in navigazione.* Noto anche il difetto che accompagna l'uso delle bottiglie lasciate in balìa del mare per determinare le correnti.

* II. A sviluppare queste mie proposizioni comincio dalla *storia degli studî sul trasporto causato dal moto ondoso*, passando in rivista da LEONARDO in poi quanto si scrisse sul moto di trasporto delle onde in alto e libero mare, mostrando l' inefficacia dei mezzi adoperati fin qui per correggere il punto di stima e i gravi inconvenienti e danni che accadono per tale inefficacia.

* III. In questo stato di cose, per provàre le indicate proposizioni, ho creduto riunire le *notabilissime differenze accadute fra il punto stimato e quello osservato* :

* IV. Poscia mi fo a notare i *trasporti manifesti prodotti dall' azione del moto ondoso in alto mare*, e numerosi casi ne appalesano l'evidenza.

* V. Ad accrescere sempre più il valore di questa mia dimostrazione, aggiungo con *nuovi fatti e nuovi argomenti in appoggio al già detto* le ricerche e l' autorità dell' illustre Maury, al quale non sono sfuggiti i trasporti sudetti; ma sono stati da lui unicamente attribuiti a causa diversa da quella che io ho dedotto dai fatti sopracitati. Ambo le cause possono sussistere e forse coadiuvarsi negli effetti.

* VI. Dopo aver veduto chi da LEONARDO in poi ha scòrto un tal moto di trasporto, trovai che alcuni nel tempo e nel valore di esso oltrepassavano il limite ove io mi fermava, e che altri si arrestavano prima di me; perloché vidi pur la necessità di esaminare l' *eccesso in più e in meno sul valore dato al moto di trasporto causato dalle onde.*

* VII. Sebbene io abbia posto che siavi al largo il fluttocorrente e questo formi il primo caso da me preso ad esame, purtuttavía, quando il vento non esiste o soffia con forza moderata, il fluttocorrente non si appalesa, ossia la sua azione sul cammino del bastimento è così poco sensibile che può trascurarsi nell'uso della navigazione, senza temerne

sinistri. Con ciò non ho inteso che sia escluso in modo assoluto qualunque moto nella massa delle onde. La sopra indicata dichiarazione forma il soggetto delle *eccezioni al primo caso.*

* VIII. Prima di entrare nella discussione del *secondo caso* ho creduto bene di tratteggiare sommariamente la *formazione dell'onda e la fine di essa.* Più autori hanno scritto sulla genesi e sviluppamento dell' onda nel mare prodotta dal vento; ma niuno a parer mio con tanta chiarezza e verità quanto il de Tessan, quindi per non incorrere la taccia di plagiario, onorando il merito dell' illustre scrittore, riporto le sue parole. Relativamente poi alla fine dell'onda, mi son provato io stesso a descriverla nel modo più chiaro e vero, per mostrare lo sviluppamento dell'altro fenomeno che appartiene al secondo caso, di cui le prove sono raccolte nell'articolo seguente.

* IX. Quest'importante argomento è trattato da me separatamente. Classifico prima i fatti registrati nell' Oceano dai navigatori che lo percorsero; e da essi desumo i *trasporti manifesti causati dal moto ondoso nell' approssimarsi ai littorali dell'Oceano.*

* X. In secondo luogo riunisco i fatti che ugualmente additano i *trasporti manifesti causati dallo stesso moto ondoso quando si avvicina ai littorali del Mediterraneo.*

Una serie di fatti analoghi dei trasporti causati dal moto ondoso essendo comuni all' uno e all' altro mare ho creduto di farne rassegna particolare sotto il titolo di: *Osservazioni e nuove prove delle cose dette nei due antecedenti articoli, comuni all' Oceano ed al Mediterraneo.*

* XI. Da tutta questa dimostrazione non che dalle antecedenti dove ho parlato dell'ignoto moto di trasporto straordinario cui soggiacciono i bastimenti, malgrado la scienza e l'esperienza di chi li dirige, e dopo l' esposizione dell' insufficienza dei mezzi proposti per correggere il veduto errore di stima, provato i gravi danni che l'umanità, il commercio e lo stato risentono da questo errore, vengo al particolareggiato *risultamento da cui manifestasi il bisogno di compilare delle tavole di correzione per il trasporto*

causato dalle onde; e rendo ragione dell' impossibilità di potere da me solo convenientemente eseguire un tal lavoro. Dico pure che l'effettuazione della mia proposta farà sparire gran numero di quei secondari corsi di acqua, di cui oggi sono irrigate le Cartecorrenti.

V.

Dal num. 1233 *al* 1602.

* I. Il fatto della esistenza, dell'importanza e dello studio delle *correnti* ordinarie per quanto spetta alla navigazione ha grandemente progredito con i vasti lavori del Maury e di altri che se ne occuparono *ex professo*. Nel confessare che io nulla ho potuto in ciò aggiungere di nuovo, mi sono ristretto ad accennarli e dare il *risultamento delle ricerche altrui fatte su di esse*. Ma per l'idraulica ho scorto che importanti fenomeni restavano tuttavía a delucidarsi. E però mi feci ad esporre, quel che io ne pensava intorno all'influenza che le correnti ordinarie o costanti possono esercitare nella ostruzione dei porti e negl'interrimenti dei lidi.

* II. La maggior parte degli idraulici, e fra questi i più celebri, hanno abbracciato il *sistema del Montanari*, il quale consiste nell'appropriare alla corrente littorale la direzione delle foci dei fiumi, la ostruzione delle bocche dei porti, il riempimento dei seni, la corrosione ed il protendimento delle spiagge: in una parola tutto il trasporto e la sistemazione dei materiali lungo i lidi, lasciando ai flutti il solo lavoro di sospenderli. Invece, dalle ricerche da me fatte per istabilire da quali agenti sieno assaliti ed interriti i porti ed a chi si debba l'aumento e la diminuzione dei lidi, risulta che principalmente dai flutti e non dalle correnti littorali, tali fenomeni provengono.

* III. Nell' Oceano il movimento più regolare e maestoso è quello delle *marèe*. Nel Mediterraneo, quantunque vi esista, pure, in generale, di poco o niun valore può ritenersi lo studio di tal fenomeno pel nostro soggetto. Per incidente tratto sulla cognizione che avevasi della causa di questo fenomeno nel Mediterraneo fin dai remoti tempi. E termino

quest'articolo col dire che tal fenomeno è reso dall'arte più benefico ai porti, di quello che di sua natura sia ad essi nocivo.

* IV. Il *moto littorale*, o corrente mediterranea conosciuta dagl'idraulici sotto il nome di littorale o di radente, gira intorno ai nostri mari colla semplice forza, nell' Adriatico di tre o quattro miglia ogni ventiquattr'ore, e nel rimanente del Mediterraneo in media dodici miglia nello stesso periodo di tempo. Il filone di essa si manifesta, generalmente, a circa tre miglia lontano dai lidi.

* V. Ciò posto, ed indagata la *forza necessaria* ad una corrente *per ismuovere e trasportare i detriti*, si mostra nel modo più evidente l' *inefficacia della correntemarèa*, anche nell' Oceano, *e della littorale* a formare o disfare notabili interrimenti.

* VI. Prima di entrare in argomento intorno alla *prevalenza del flutto posta a confronto con la corrente littorale come causa del trasporto* di materiali ostruttivi, fo precedere degli *avvertimenti* tendenti a rettificare il valore dei nomi: di vento dominante, regnante e di traversìa, onde restino chiarite le idee relative a ciascuno di essi. Dimostro come questi tre venti regolino gl'interrimenti; come il massimo trasporto accada quando la direzione de' flutti percuote il lido con angolo di 45 gradi; come i flutti muojan sempre parallelamente al lido o ad esso poco inclinati, qualunque sia la direzione che l'onde abbian ricevuto dal vento in alto mare; come i flutti in apparenza capricciosi siano in fatto regolatori di ordinati e geometrici interrimenti; come la somma generale de' moti lungo le coste tenda ad aumentare i detriti sulle coste medesime; come il moto ondoso sia quasi in permanente lavoro presso il lido; come tutto quello che accade nell' Oceano sia comune a tutti gli altri mari del globo, con la differenza sola del più e del meno. Dal merito poi dell' articolo risulta: che la direzione regnante, non delle correnti, ma dei flutti, deve aversi principalmente a calcolo, ove si voglia provvedere alla conservazione de' porti, e spiegare il protendimento o sfacimento delle spiagge. In questo stesso articolo rendo giustizia a coloro che prima di me hanno preso a combattere il sistema del Montanari.

* VII. Purtuttavía è certo che *le correnti costanti si debbono avere a calcolo, perché* anche deboli han valeggio di convogliare le smosse materie minute o leggère, come le melme e le alghe; e perché, quantunque la loro azione sia lenta, gli effetti contuttociò possono essere apprezzabili per la loro pertinace natura. *Quando poi sono aiutate dai flutti*, ossia defluiscono nella stessa direzione di questi, allora gli *effetti di esse sono rilevanti*. Molti esempi lo provano.

* VIII. Per l'idraulica e per la geología di somma importanza è l'esame della *formazione delle spiagge*, e il conoscere i luoghi donde vengono i *materiali* che servono alla costituzione di esse. Primamente tratto di quelli *forniti dagli affluenti terrestri*, e poscia di quei che provengono *dal consumo delle coste*. Sono comparativamente breve intorno a questi due titoli, per esser materia nota; tuttavía ho creduto necessario d'intrattenermi alquanto sulla parte che si deve agli scarichi dei fiumi, giacché da taluni si vorrebbe darle minor peso di quel che merita: così per fare fronte ad una esorbitanza opposta ho dovuto provare che esistono in natura vasti protendimenti di spiagge, ove non sono affluenti terrestri. Accenno pure a qual distanza dalla battigia, e a qual profondità di acqua i flutti si danno al lavoro di triturazione e di trasporto dei materiali.

* IX. A causa di una supposizione di eminente idraulico in questo senso formolata: – Dato un lido senza affluenti terrestri, se il moto ondoso giungesse nelle tempeste a grandi profondità (*siccome io dimostro e sostengo*) dopo tanti secoli si sarebbe stabilito l'equilibrio tra la resistenza del fondo e l'azione delle ondate del mare; quindi non potrebbe vedersi, in questo caso, l'incessante protendimento delle spiagge, perché mancherebbe a ciò il materiale. – Io rispondo che nel mare non mancano altri materiali. Provo in genere questa verità con taluni esempî registrati nell'antecedente articolo: e per comprovarla in ispecie, mi tolsi la briga di ordinare una grande seguenza di fatti sotto il titolo di *lunghe e vaste zone di terreni alluviali sul lido del mare prodotte dalle spoglie de' corpi organici subacquei.*

Ed ho divisa la materia in tre punti, considerando in genere l'*abbondanza della vita sottomarina.*

Classificando in specie la *distribuzione di essa.*

E mettendo in chiaro i *prodotti sopra i lidi delle spoglie dei viventi sottomare.* ,

Il *risultamento* di questo e del precedente articolo chiarisce l' importanza della grande massa di materiali in movimento lungo i littorali; assicura l'incessante rinnovamento di materiali sottoposti al lavoro di triturazione e di trasporto quasi continuato dei flutti; rammenta che là ove non esiste corrente ordinaria ha pure luogo il trasporto e la sistemazione de' materiali, e conduce a ritenere secondo ragione, la divisione da me fatta dei sedimenti, dando nel Mediterraneo agli *affluenti terrestri* di 100 parti 30, alla *corrosione delle coste* 20, ai *corpi organici* 50; e nell' Adriatico per gli stessi titoli i valori 35, 5, 60.

* X. Giunto al termine dell'opera volendo dare un'applicazione idraulica degli studî da me sviluppati, ho scelto delle due specie di Porti, a bacino l'una l'altra a canale, a trattare di quest'ultima. Giacché i porti di tal fatta sono più facili ad ostruirsi e più difficili a spurgarsi e a conservare, essendo stabiliti quasi sempre nello sbocco dei fiumi e sempre trovandosi situati in spiagge sottili di lor natura *importuensi.* Con questo fine, perché di già avevo avuto occasione di diriggere le mie osservazioni ed applicazioni sopra due miei ultimi lavori di questa specie: la sistemazione dell' ultimo tronco del Serchio, che raggiunse lo scopo di opporsi a quella che voleva farsi, e la costruzione di un nuovo Portocanale alla foce dell'Isauro in Pesaro, ora in corso di esecuzione secondo il mio progetto; trovai opportuno di parlare di essi e più specialmente di questa ultimo lavoro, le ragioni del quale per retto filo mi conducevano all' applicazione di un mio trovato nel Portocanale presso Pelusio, che ha nome di Portosàido: trovato che ha per iscopo di servirsi della nociva potenza dei flutti come utile forza scavatrice e di trasporto, per mantenere spurgata la bocca di un portocanale.

La *conclusione* che piana ne scende prova l' utilità grande che ne risulterebbe a questa vasta impresa, senza correr rischio di alcun pregiudizio. Così essendo, accenno all'applicazione del medesimo trovato per ogni altro portocanale.

CONCLUSIONE GENERALE

1) Nelle tempeste, mentre regna vento forte, i Marosi in alto mare hanno per moto principale quello di oscillazione, e per secondario quello di trasporto di massa liquida: trasporto notevole, e solamente nella parte superiore. Questo moto ho io chiamato *fluttocorrente a largo*.

   Il moto di trasporto è molto più notabile vicino al lido che in alto mare; e comunicasi soltanto a tutta la massa fluttuante, quando lo sviluppamento inferiore del maroso trova inciampo, conservandosi però anche quello di propagazione sino a che si frange presso il lido. Vicino al lido io chiamo *fluttocorrente a terra* o *della superficie* il moto di trasporto nella parte superiore dell'onda, e *fluttocorrente del fondo* quello nella parte inferiore.

2) Nei casi in cui il vento non ha velocità maggiore di sei metri per secondo, può ritenersi, nell'uso della navigazione, che le onde abbiano unicamente moto apparente in alto mare.

   Questo moto è senza dubbio sempre calcolabile vicino al lido, più o meno in ragione della profondità dell'acqua, della distanza dalla battigia, della natura e forma del fondo, e della estensione, forza e durata del vento, conservandosi qui pure come dominante quello di oscillazione.

3) Il Fiotto, l'onda senza vento, la vecchia onda o l'onda che precede il vento (*houle*), quantunque di vistoso volume, non va soggetta in alto mare a trasporto di massa tale che noccia o giovi sensibilmente alla navigazione.

   In vicinanza del lido è in grado molto minore (anzi spesso non molto sensibile nella superficie), in confronto di quando contemporaneamente vi regna il vento.

   Agisce però sempre come ogni altr' onda contro un ostacolo qualunque ed a profondità più o meno grandi.

4) Vicino al lido il fenomeno di trasporto di massa si rende notabile nel punto ove la parte inferiore dell' onda preme od urta nel fondo, ed il fenomeno sviluppa in qualunque caso maggior azione in questa parte, ove l'onda si frange appena urta nel fondo, che in quella superiore, se il mare è relativamente poco profondo e se l' onda non è franta alla superficie.

Quando il flutto è franto anche nella parte superiore, può agire con forza uguale nelle due parti, sotto e sopra: di frequente più nella parte inferiore; ma presso il lido la parte superiore è più attiva dell' inferiore.

5) La Maretta, sia col vento o senza, non ha moto di trasporto apprezzabile nella superficie, se non dove lambisce e si frange alla spiaggia; e nel fondo segue la legge delle altre onde.

6) Dalle diverse circostanze che si verificano in pratica, si conferma il teorema fondamentale di Leonardo relativo alla costituzione dell' onda, *perché molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si muove dal sito.*

7) La potenza delle onde, de' flutti e de' marosi può ritenersi, nel maggior numero de' casi, proporzionale alla forza e durata del vento nella stessa direzione, alla lontananza da cui vengono le burrasche, le tempeste e le procelle, alla profondità dell' acqua, ed alla natura e forma del fondo.

8) Gli effetti di trasporto in massa alla superficie devono essere tenuti molto a calcolo dal navigante in alto mare, nei casi di vento forte: e sempre, ove lo sviluppamento dell' onda trova inciampo. Da questo punto alla battigia i detti effetti sono tanto più potenti quanto più il navigante si accosta alla spiaggia.

9) Non si sono a tutt' oggi introdotte nei trattati di nautica, regole fisse per correggere la stima del viaggio, secondo il trasporto delle onde. Bisogna fornire ai naviganti questo elemento di correzione come hanno quelli atti a correggere le anomalie prodotte dalle correnti ordinarie, dallo scarroccio, eccetera.

10) Le quantità numeriche dell' accennato motò di trasporto prodotto dai marosi in alto mare si devono proporzionare ai diversi gradi di forza del vento, alle diverse velocità, altezze e lunghezze de' marosi, secondo ch'essi siano interi o franti, alle diverse direzioni di essi in rapporto a quelle tenute dal bastimento, ed al diverso immergere di questo: nelle dette quantità di norma, quando l' onda trova inciampo, si devono aver a calcolo puranco le diverse profondità dell'acqua, le diverse distanze dalla battigia, e le diverse forme e nature de' lidi, cioè se spiaggia o costa, e se il fondo è di scoglio, di arena o di fango molle.

Ove esiste corrente regnante è necessario, per l'uno e l'altro caso, tenere a calcolo la forza e la direzione di essa per aver la risultante delle diverse componenti.

Una raccolta di *tavole di correzione del trasporto* causato dal poco fondo o dal vento nei marosi, a similitudine delle tavole di *riduzione delle rotte*, faciliterebbe al navigante la ricerca del valore di detto trasporto.

11) Inoltre, si rende comodo per i marini, e per una certa classe di essi necessario, lo stabilire nelle carte idrografiche una linea che tracci a qual distanza dal lido verranno i bastimenti trasportati loro malgrado dal fluttocorrente a terra, e con velocità rapidamente crescente, in deriva; oltre il noto scarroccio: tanto più nei casi di straordinario trambusto di mare, nei quali lo stesso scarroccio sovente non si può riconoscere dalla scia del bastimento.

Si dovrebbe segnare la *Zona del fluttocorrente alla superficie* o *a terra*, * come oggi in alcune carte idrografiche si traccia la Zona *de' frangenti*.

12) Si deve la proposta zona estendere dal lido verso l'alto mare in ragione della maggiore o minore profondità dell'acqua, e più o meno, secondo che il littorale sarà più o meno aperto ed il fondo più o meno resistente.

* Il ciglio della ghirlanda di terreni avventizi può essere buona norma per segnare la linea di questa zona, quando non si posseggano dati locali più precisi.

Nell' aperto Oceano la linea cadrà generalmente sopra gli scandagli di 300 metri di acqua; nel Tirreno

sopra quelli di 150, nel mar della Manica e nell'Adriatico di 80.

Ma con raccogliere esperienze locali, dedotte dall' alterazione della forma normale de' marosi per urto nel fondo del mare, o dal cambiamento del colore dell'acqua, o dalla reazione di alcuni scogli, o dallo spostamento degli ordigni da pesca calati nel fondo del mare, o da altre osservazioni, si può avere più giusta norma onde stabilire la posizione della sopraddetta linea.

13) Possono i flutti zappare il fondo del mare nelle profondità di 200 metri nell' Oceano, di 50 nel Mediterraneo e di 40 nel mar della Manica ed in quello Adriatico. Ed ivi porre in moto di traslazione e triturarvi masse di materiali da produr con esse sole rilevanti protrazioni di lidi.

14) Il prodotto, relativamente alla massa dei detriti che possono essere giocati e spinti in avanti, dipende dalla natura del letto del mare, dalla profondità a cui si estende l' agitazione; e questa, principalmente, dalla forza e durata de' venti che hanno creato le onde e il fluttocorrente del fondo, e dall' estensione e profondità del mare.

15) * La formazione e protendimento delle spiagge accade pure in siti senza affluenti terrestri e senza corrosione di coste limitrofe: basta l'abbondevole prodotto delle spoglie dei corpi organici.

16) L'effetto minimo, medio e massimo della ripetuta potenza, considerata quale agente per le erosioni ed i trasporti de' materiali, è molto superiore a quello massimo, medio e minimo di qualunque corrente di marèa, littorale o radente; le quali tutte non pertanto voglionsi avere a calcolo.

17) Perciò, o i materiali provengano dai fiumi, o dal fondo del mare, o dalle rive di esso, o dai corpi organici, si deve all'azione dei flutti principalmente la formazione, la distruzione e il trasporto delle congerie e de' banchi, gli insabbiamenti e interrimenti di ogni spezie.

18) L' andamento progressivo de' banchi e de' dossi si trova proporzionale alla prevalenza di un vento sull'altro, ovvero al vento che produce più spesso le onde frante, *qualunque sia la direzione della corrente regnante*. Le onde frante

dalle straordinarie tempeste, anziché accumulare, sparpagliano e distruggono gli interrimenti.

19) Quindi l'azione de' flutti devesi *sopra tutto avere a calcolo, ove si voglia provvedere alla conservazione de' porti*: e non solo per domare e signoreggiare l' impeto e la violenza delle onde tanto all' esterno quanto all' interno dei porti, ma benancho per allontanare da essi i funesti effetti che vi producono i materiali ostruttivi.

20) Sorge da ciò nuova dottrina degl' interrimenti, le cui fondamenta già furono gittate da Leonardo, dal Castelli, dal Boscovich e dal de Fazio; ma tenute coperte dall'opposto sistema fin qui prevalente del Montanari.

21) È necessario che l' ingegnere conosca preventivamente, non solo quanto è relativo alle sponde, ma puranco, in una vasta zona, la profondità del mare, la costituzione del fondo di esso ed il punto fin dove si sviluppa nel verso verticale l' agitazione massima delle onde; perché sappia fino a qual distanza dalla riva saranno dal mare sconvolti e trasportati i materiali che potranno invadere e ricolmare le opere idrauliche.

22) * Le pressioni che le onde oscillanti o correnti esercitano contro un ostacolo sono proporzionali alla Massa di esse ed al quadrato della loro velocità.

23) Dalla sopra riferita e sperimentata potenza de' marosi si deduce che in tutto il nostro littorale, volendosi costruire moli a *pietre perdute* (sistema di costruzione in ben pochi casi preferibile), i massi di smalto o quei di scoglio vivo dovranno essere non minori di venti metri cubi a partire da cinque metri sotto il pelo basso del mare sino all'altezza del ciglio del molo, per resistere immobili all'urto de' marosi. Al disotto di cinque metri, il volume de' massi può esser ridotto a metri dieci: al di sotto degli otto metri e più, gradatamente può essere diminuito ancora.

* S' intende parlar di massi non isolati. Se tali fossero, le misure dovrebbero essere raddoppiate, perché essi stessero saldi.

24) Essendo l' azione de' marosi proporzionale alla superficie percossa, e la resistenza de' massi crescendo come il cubo

di essi, in alcuni siti dell' Oceano i massi saranno soltanto un poco più voluminosi di quelli necessarî per resistere all'urto nel Mediterraneo.

25) Infine, se i moli saranno composti con materiali di minor volume de' sopra accennati, o i materiali saranno diversamente distribuiti, verranno tanto nell' Oceano quanto nel Mediterraneo dai marosi sovvertiti: i massi saranno sollecitamente consumati pel cozzo reciproco, e molti di essi trascinati ad ingombrare le bocche de' porti; quindi continua e grave la spesa per le ricostruzioni, per rinforzare la difesa e per isbarazzare le bocche.

26) * Léonardo, con quelle parole che ho registrato sul frontispizio dice, che: *Dobbiamo cominciare dall'esperienza, e per mezzo di questa scoprire la ragione: questo è il metodo da osservarsi nella ricerca dei fenomeni della natura.* Questo metodo ho seguito anch' io, e sono convinto che potrà giovare al marino per togliere un grave difetto nell' esercizio della navigazione, all' idraulico per migliorare notevolmente l'arte del costruire e conservare i porti, al geologo per rendere più chiara ragione dei sedimenti ed al fisico per meglio classificare le correnti marine.

APPENDICE

N.° 1.

Movement of Waves (*a*)

1858

An original view of the undulatory movements of the sea and its currents has been published at Rome * by Commander Cialdi, of the Pontifical marine service, author of various other works of merit on analogous subjects. It is out of my sphere to judge the merits of the work of this ingenious author, who, whilst I write, has visited London, to conduct to the Tiber two small steamboats; but I may briefly say, that after an elaborate detail of facts, drawn from the writings of a multitude of mariners, engineers, geologists, and others, to the number of nearly two hundred, and also citing his own long experience when in the Sardinian navy, he endeavours to counteract by such data the prevalent theory of eminent mathematicians, which does not admit of any real motion of transport in the molecules which constitute a wave, nor the power of waves at great depths. To give my hearers some idea of the main object of a work which has been highly commended by the

(*a*) Questo è l' articolo compilato da Sir Roderick Impey Murchison, Presidente della generale direzione geologica di Londra, estratto dagli: *Address to the Royal Geographical Society of London; delivered at the Anniversary Meeting on the 24th May*, 1858. Londra 1858 pag. 90, al quale fo allusione nei miei numeri 48 e 211. Anche qui sento l' obbligo di rivolgere i miei ringraziamenti a questo illustre scienziato. A. C.

* « Cenni sul Moto Ondoso del Mare e sulle Correnti di esso, 1856.»

Accademia dei Nuovi Leicei of Rome, as well as by the Academy of Venice, I here cite the author's own words, as conveying his main views: —

« I am convinced, » says Cialdi, « that the real motion of translation (or driving movement) in an undulating mass of water always exists during violent winds and storms, whatever be the depth of the sea; and that it also obtains in moderate weather, but only where the inferior, the lateral, or the frontal development of the wave finds an obstacle, at any distance whatever from the shore. I also maintain that the motion communicates itself to the whole mass that constitutes the wave, when the latter cannot develop itself; and that the intensity of the motion is greatest at the bottom of the sea, and least on the surface, when the depth of water is relatively small, and when the wave is not broken. I further maintain that the effects of this motion are more or less perceptible according to the nature and form of the obstacle, the volume of the undulating mass, and the velocity of its propagation. Moreover, these effects must prove very complicated, and produce all the varied series of powerful phenomena that we observe on abrupt coasts, piers, breakwaters, and shelving shores. »

N.° 2

A Monsieur le Commandant Cialdi

Paris, 1859 (*a*)

Monsieur,

Vous m'avez fait l'honneur de désirer quelques éclaircissements sur un passage de la *Partie physique du Voyage de la Vénus*. Ce désir est trop flatteur pour moi pour que je ne m'empresse pas de le satisfaire au plus vite et de mon mieux.

Je reprends donc phrase par phrase le passage cité en y ajoutant des développements qui serviront, je pense, à les éclaircir.

J'ai dit : « On admet généralement que, dans la propa- » gation des ondes, le mouvement des particules d' eau est vertical ». J'ajoute qu'on l'admet généralement ainsi, parceque l'on croit que c'est là un fait démontré par le calcul. Le calcul, il est vrai, dans les conditions où il a été d'abord fait, donne zéro pour la composante horizontale de la vitesse des particules ; mais il ne s'ensuit pas que cette composante soit nulle, *absolumeut nulle*, surtout pour des ondes dont la hauteur n'est pas infiniment petite.

(*a*) Nei numeri 1110 e 1133 io avvertiva il lettore di essere stato onorato dall' ingegnere idrografico signor de Tessan di risposta alla mia domanda di schiarimenti intorno ad un passo da lui dettato nella sua dotta e lucida opera: *Parte fisica del viaggio intorno al globo sopra la fregata la Venere*. Egli, gentile come è, con sollecitudine mi favorì, facendone argomento di aurea lettera, cui mi detti la cura di far giungere al più presto in Napoli nelle mani del signor ingegnere N. de Rosa, uno dei benemeriti compilatori degli *Annali delle opere pubbliche e dell'architettura*. Questi accettò l' incarico di stamparla in detti Annali, in cui pure erasi pubblicata la prima edizione di questo mio libro, ed ove si faceva preghiera al de Tessan di schiarimento. Dipoi, nell' aprile 1860, ebbi occasione di sapere in Napoli dal de Rosa medesimo che era già pronta la traduzione e che sarebbe pubblicata all' apparire de' primi fascicoli degli Annali, sospesi per il momento. Ma con dispiacere di tutti gli studiosi questa sospensione è durata tanto, che a tutt'oggi continua ancora. Quindi è che io ora ne arricchisco il libro mio, e domando scusa al chiaro autore dell' involontario ritardo. In questo incontro è inoltre mio dovere di rendergli pubblico tributo di grazie per il favore compartitomi.

A. C.

En effet pour pouvoir soumettre au calcul le problème de la propagation des ondes et arriver aux nombres, les premiers Géomètres ont été obligés de supposer la hauteur de l' onde très petite, et assez petite pour qu' on pût négliger dans les équations tous les termes contenant la seconde puissance et les puissances supérieures de la hauteur. C'est la suppression seule de ces termes qui leur a permis d'aborder numériquement la question. Mais il a dû résulter évidemment de cette suppression que toute inconnue dont la valeur réelle était de l'ordre de grandeur des termes supprimés s'est trouvée égale à zéro.

En sorte que la valeur zéro trouvée pour la composante horizontale de la vitesse des particules ne prouve pas que cette composante est nulle, absolument nulle; puisqu'on aurait trouvé la même valeur zéro si cette composante était égale à la composante verticale multipliée par le rapport de la hauteur de l'onde à sa longueur; car ce produit est de l' ordre des termes supprimés. Ainsi le calcul n'a pas prouvé du tout que, dans la propagation des ondes, le mouvement des particules fut purement vertical. Tout ce qu' il a prouvé par cette valeur zéro de la composante horizontale, c' est que cette composante est d'un ordre de petitesse supérieur à celui de la composante verticale.

Les calculs plus précis de gèomètres modernes Poisson, Cauchy ne donnent pas zéro pour cette composante.

J' ai dit: « On remarque cependant que cette propaga-
» tion est toujours accompagnée d' un petit mouvement de
» transport horizontal dans le sens de la direction même du
» mouvement de propagation ».

Comme (tout en l'expliquant différemment) vous admettez ce mouvement de transport près de la côte, qu' il y ait ou qu'il n'y ait pas de vent, et au large quand il y a du vent (*b*); je ne parlerai ici que de ce que j'ai observé au large en calmeplat.

(*b*) Io mi sarò male espresso, o sono stato non bene interpretato, intorno all' essenza del moto delle onde. Non ho inteso di escludere l' esistenza di un piccolo moto nelle onde senza vento ed in alto mare. Gli schiarimenti che ho dato al Rossi su di ciò porranno la questione in piena luce. Si vedano questi schiarimenti in seguito alla Memoria del Rossi qui unita, la quale tratta, come questa del de Tessan, sull'essenza di esso moto.

A. C.

En regardant une onde perpendiculairement à la direction de sa propagation, et portant son attention sur de petits corps flottants on voit que l' azimuth de ces corps ne change pas sensiblement tant qu' ils sont dans le creux ou au sommet de l'onde, mais qu' au contraire il change très visiblement quand ils se trouvent à mi-hauteur de l'onde, et cela aussi bien sur la partie postérieure de cette onde, qui s'abaisse, que sur la partie antérieure, qui s' élève. Le plan vertical passant par l'oeil et par le corps flottant se déplace dans le sens de la propagation de l' onde ; et ce déplacement ne peut évidemment provenir que du transport du corps dans cette direction, transport plus grand dans cette position que celui du bâtiment qui porte l'observateur.

Voilà ce qu'on m'a fait voir, et ce que j' ai vu bien des fois ; et je ne doute pas que toute personne, se plaçant dans les mêmes conditions, ne voye la même chose, et n'en tire la même conclusion.

Le transport du petit corps flottant dans la direction de la propagation n' est pas continu, il avance seulement d' une petite quantité à chaque onde qui passe, et s' il était au repos absolu avant le passage de l'onde, il est encore au repos absolu après le passage.

J'ai dit : « les marins en tiennent compte dans leur estime ». Voici dans quelle circonstance : Il s'agit de doubler une île, un cap ; avec le vent qu' il fait, et la vitesse et la dérive actuelle, si la mer était belle, on doublerait hardiment ; mais la mer est houleuse et du travers, il faut savoir, si, malgré cela, on pourra doubler. Alors le marin calcule *le temps* qu' il lui faudrait pour arriver par le travers de l' île ou du cap, si la mer était belle. Il juge ensuite d'après l'état actuel de la mer de quelle fraction de mille, par heure, il sera transporté dans la direction de la propagation des ondes, sous le vent de son sillage ; alors, multipliant cette fraction par le temps calculé, il obtient une longueur qu' il ajoute à l'avance de l' île ou du cap en mer ; et si la bordée lui fait doubler l' île ou le cap ainsi déplacés, il en conclut qu'elle est bonne et qu' il doublera malgré la houle ; si non, il en conclut qu'elle est mauvaise.

Mais quand la mer est libre devant lui et sous le vent, le marin ne se préoccupe pas plus de l'effet de la houle que des courants connus ou inconnus et des innombrables causes d'erreur du Lock (c). C'est dire assez que dans la journée citée du 10 avril 1837 du Voyage de la Vénus, il n'a été fait aucune correction ; et que les 31 milles au S.80°E. sont le resultat brut de la différence entre l'estime et l'observation.

J'ai dit, en parlant toujours des marins et du transport produit par les ondes : « ils le portent à 0^m, 3 ou 0^m, 4 par » seconde quand la lame (la houle) est encore sous l'influence » du vent, et à 0^m, 1 ou 0^m, 2 quand il n'y a plus que de » la houle sans vent ». Ces nombres sont ceux dont M. Bérard faisait usage, et qu'il tenait de l'enseignement de l'Ecole Navale de Toulon. De quelles observations primitives proviennent-ils ? Je n'en sais rien. Si M. Bérard me l'a dit, comme je ne l'ai pas noté en même temps que ces nombres qui seuls m'intéraissaient alors, et qu'il y a 25 ans de cela, je l'ai complétement oublié. Et je le regrette aujourd'hui puisque vous auriez désiré le connaître.

J'ai dit encore : « Au reste, en y réfléchissant un peu, » on voit bien vîte que le mouvement purement vertical ne » peut convenir qu'aux ondes *infiniment petites* dont les géo- » mètres anciens se sont particulièrement occupés ; mais qu'il » ne peut en aucune manière suffire à l'explication du mou- » vement des ondes réelles dont la hauteur est le $\frac{1}{20}$ et quel- » quefois le $\frac{1}{10}$ de la largeur (longueur); et à plus forte rai- » son des lames dont la hauteur est quelquefois égale à la lar- » geur (longueur) ».

J'ai montré, plus haut, pour quoi les premiers géomètres ont dû trouver zéro pour la composante horizontale de la vitesse des particules d'eau dans le mouvement de propagation des ondes de très petite hauteur, si cette composante est d'un ordre de petitesse supérieur à celui de la composante

(c) Pur troppo vi sono dei marini che tengono questo metodo ; ma essi fanno male. Per provare questo errore rammento solo quanto ho detto nei miei numeri 1028, 1044, dal 1222 al 1232 e dal 1233 al 1238 A. C.

verticale ; et par suite pour quoi ils ont trouvé une vitesse purement verticale à ces particules d'eau.

J'ajoute qu' il y a un moyen très simple de s'assurer de l'éxistence réelle d'un mouvement horizontal dans la propagation d'une onde quelconque. C'est de produire, par le procédé de M. Dyar (1), une onde plane *unique* dans un canal rectangulaire, de longueur, de largeur et de profondeur quelconque, et dexaminer ce qui se passe des deux côtés d'une section verticale de ce canal faite perpendiculairement à la direction de la propagation de l'onde.

Supposons donc que, par ce procédé, on ait produit à l'extrémité A du canal (par l' immersion à cette extrémité d'une palette convenable) une *seule* onde positive, c'est-à-dire élevée toute entière au dessus de la surface primitive de l'eau en repos. Cette onde unique une fois produite, se propage de l'extrémité A vers l'extrémité opposée B, se réfléchit contre le paroi vertical B et se propage alors de B vers A, se réfléchit encore en A et retourne vers B; et ainsi de suite, jusqu'à l'extinction ou plutôt jusqu'à la transformation en chaleur de la demi-force vive dont elle est animée.

Examinons ce qui se passe des deux côtés d'une section verticale quelconque C perpendiculaire à la direction de la propagation de l'onde et intermédiaire entre A et B. Avant l'immersion de la palette le volume de l'eau comprise entre A et C est V_A, le volume de l' eau comprise entre B et C est V_B et le volume total est $V_A + V_B$.

Après l' immersion de la palette le volume total de l'eau n'a pas changé sensiblement puisque l'eau est très peu compressible ; et le volume V de l'onde produite est sensiblement égale au volume de la partie immergée de la palette.

Tant que l' onde produite, se propageant de A vers B, reste dans le compartiment AC, le volume d'eau de ce compartiment est toujours V_A et celui du compartiment CB toujours V_B. Mais quand l'onde continuant à se propager vers B a dépassé la section C et se trouve tout-entière entre C et B, le volume de l'eau du premier compartiment AC n'est plus que $V_A - V$; ce compartiment a perdu un volume V d'eau égal

(1) Annales de Chimie et de Physique; tome 7; troisième série.

à celui de l'onde. Au contraire le second compartiment CB dans lequel se trouve l' onde a gagné ce même volume V d'eau et est devenu $V_B + V$.

Il est donc passé un volume V d' eau du compartiment AC dans le compartiment CB à travers la section verticale C pendant la durée du passage de l' onde par cette section. Or un mouvement purement vertical ne peut faire passer une particule d'un côté à l'autre d'un plan également vertical. Il y a donc eu un mouvement horizontal à travers la section C, et puisque le volume de l'eau a diminué dans la compartiment AC et qu' il a augmenté dans le compartiment CB, ce mouvement horizontal était dirigé de A vers B c' est-à-dire dans le sens de la propagation de l'onde.

Mais continuons à suivre l'onde dans son mouvement de propagation. Elle arrive en B, s' y réfléchit et se propage alors de B vers A. Tant qu'elle reste entre B et C, le volume de l' eau dans le compartiment BC est toujours $V_B + V$; et dans le compartiment AC toujours $V_A - V$. Mais quand l' onde a repassé par la section C et se trouve tout entière dans le compartiment AC, les choses sont changées. Le volume de l'eau dans le compartiment BC n' est plus que V_B : ce compartiment a perdu le volume V d'eau ; et le volume de l'eau dans le compartiment AC est redevenu V_A : ce compartiment a gagné le volume V d'eau. Il est donc encore passé un volume V d'eau à travers la section verticale C pendant la durée du passage de l' onde par cette section ; et cela n' a pu encore se faire sans un mouvement horizontal qui était encore dirigé dans le sens de la propagation de l'onde : sens qui était directement opposé à celui qui existait lors du précédent passage de l'onde par cette même section.

Il est facile de voir que, toutes les fois que l' onde dans sa propagation passe d' un compartiment dans l' autre, c'est toujours le compartiment qu' elle quitte qui perd un volume d' eau égal à celui de l' onde, et le compartiment où elle se trouve qui gagne ce même volume d' eau ; et que, toujours aussi, cette variation du volume d'eau ne peut se produire sans un mouvement horizontal ayant la même direction que le mouvement de propagation de l'onde, quel que soit celui-ci.

Remarquons que, pendant tout le temps que l'onde met à passer par la section C, le volume de l' eau diminue dans le compartiment qu'elle quitte ; et que pendant tout ce temps là aussi, le volume d'eau augmente de la même quantité dans le compartiment où elle entre, et que cela ne peut se faire sans un mouvement horizontal dirigé, dans cette section C, dans le sens du mouvement de propagation de l'onde. Mais la section C étant quelconque, il est évident que ce mouvement horizontal doit accompagner l' onde dans toutes ses positions. Il se réfléchit, comme l'onde elle même, sur les parois verticales B et A. Il fait donc essentiellement partie intégrante de l'onde, au même titre que le mouvement vertical.

On voit évidemment que ce mouvement horizontal provient de l'impulsion initiale qu'une portion du liquide a reçue lors de l' immersion de la palette : impulsion dirigée dans le sens de la propagation de l'onde, puisque le liquide a dû quitter la place qu'occupe actuellement la palette immergée.

Laissons toujours la palette immergée, et attendons que tout mouvement ait cessé dans le liquide ; et alors émergeons la palette. Nous aurons produit encore une onde *unique* qui se propagera de A vers B, se réfléchira en B, reviendra vers A, se réfléchira de nouveau en ce point, retournera vers B, et ainsi de suite jusqu'à l'extinction ou plutôt jusqu'à la transformation en chaleur de la demi-force vive dont elle est animée. Mais ici, dans ces conditions, l'onde produite est toute négative, tout entière au dessous de la surface primitive du liquide.

En analysant, comme précédemment, ce qui se passe dans la propagation de cette onde, on voit que le compartiment qu' elle a quitté gagne un volume de liquide égal à celui de l'onde et que celui où elle le trouve a perdu ce même volume d' eau. C' est exactement l' inverse de ce que nous avons vu avoir lieu pour l'onde positive.

Le mouvement horizontal, toujours prouvé par la variation des volumes d'eau des deux compartiments, est donc toujours, dans l' onde négative, dirigé en sens contraire du mouvement de propagation. Et ce mouvement horizontal accompagne l'onde dans toutes ses positions, se réfléchit comme elle sur les parois

B et A ; et fait, par suite, essentiellement partie intégrante de cette onde, au même titre que le mouvement vertical.

Ici encore, on voit évidemment que ce mouvement horizontal, en sens inverse de la propagation de l'onde, provient de l'impulsion initiale qu'a reçue une portion du liquide lors de l'émersion de la palette ; puisque le liquide se précipite vers A pour occuper la place laissée vide par la palette.

Laissons encore tout le liquide rentrer au repos ; et alors immergeons la palette et émergeons-la immédiatement après. Nous aurons encore produit une seule onde qui, dans sa propagation suivra la même direction que les précédentes. Mais cette onde sera composée de deux parties distinctes : la première positive, produite pendant l'immersion de la palette ; la seconde négative, produite pendant l'émersion de cette palette. En examinant, comme précédemment, ce qui se passe dans la propagation de cette onde, on voit que le volume de l'eau dans le compartiment qu'elle quitte diminue pendant toute la durée du passage de la partie positive de l'onde, et qu'il augmente pendant toute la durée du passage de la partie négative; et l'on voit que c'est l'inverse pour le volume de l'eau du compartiment où elle passe. Ces variations de volume démontrent, comme précédemment, l'existence d'un mouvement horizontal. Ce mouvement est positif, c'est-à-dire dans la direction de la propagation dans la partie positive de l'onde ; et négatif, c'est-à-dire en sens contraire de la propagation, dans la partie négative.

Ces deux mouvements horizontaux de directions opposées, accompagnent l'onde dans toutes ses positions, se réfléchissent comme elle sur les parois verticales B et A ; et font, par conséquent, essentiellement partie intégrante de l'onde, au même titre que les deux mouvements verticaux.

Ici encore, l'on voit évidemment que ces mouvements horizontaux de directions opposées proviennent l'un et l'autre des impulsions initiales également opposées qu'une portion du liquide a reçue lors de l'immersion et lors de l'émersion de la palette : c'est-à-dire lors de la production de la partie positive et lors de la production de la partie négative de l'onde.

Si, au lieu d' immerger d'abord la palette et de l'émerger immédiatement après, nous eussions fait l'opération inverse: c'est-à-dire que, la palette se trouvant d'abord en repos dans le liquide aussi en repos, nous l' eussions émergée d' abord pour l' immerger immédiatement après : nous eussions produit une onde qui n'eût différé de la précédente qu'en ce que la partie négative eût précédé la partie positive, mais les conclusions eussent été absolument les mêmes.

Ces conclusions indépendantes de la longueur, de la largeur et de la profondeur du canal doivent évidemment s' appliquer à un bassin de forme quelconque. Elles doivent aussi s'appliquer à une onde quelconque, de quelque manière qu' elle ait été produite ; car elle sera toujours, ou toute positive ou toute négative, ou composée d' une partie positive et d' une partie négative. Et c'est en effet ce que l'examen de ce qui se passe dans la propagation d' une onde quelconque dans un bassin quelconque fait voir avec évidence. Le procédé de M^r^. Dyar, que j'ai invoqué, n'a servi qu'à isoler et rendre ainsi manifeste ce qui est dû à la partie positive et à la partie négative d'une onde.

Ainsi, comme je l'ai dit, la réflexion fait voir que toute propagation d'onde produit une variation, au moins momentanée, de volume d' un côté à l' autre d' un plan vertical quelconque perpendiculaire à la direction du mouvement de propagation ; que cette variation de volume ne peut être due à un mouvement purement vertical ; et que par suite tout mouvement de propagation d'onde est accompagné d'un mouvement horizontal, lequel est positif dans la partie positive de l'onde, et négatif dans la partie négative ; ce mouvement horizontal faisant aussi essentiellement partie de l'onde que le mouvement vertical.

Ceci admis, voyons quelle doit être la direction de ce mouvement horizontal dans les ondes qui composent la houle en pleine mer. Pour cela il n'y a qu'à voir quelle est la direction de l' impulsion primitive que reçoit l'eau lors de la formation de ces ondes : Si cette impulsion est dans le sens de la propagation de l'onde, l'onde sera positive, et le mouvement horizontal sera dans la même direction ; si l' impulsion est en sens contraire, l'onde sera négative, et le mouvement horizontal

sera en sens contraire du mouvement de propagation ; enfin si elle est d'abord dans un sens, puis en sens contraire, l'onde sera formée d'une partie positive et d'une partie négative. Or la première impulsion que le vent communique à l' eau est toujours dirigée dans le sens de la propagation de l'onde qu'il produit et il ne cesse pas d' agir dans la même direction ; à aucun instant il n'agit en sens contraire. Les ondes de la houle sont donc des ondes essentiellement (1) positives; et par suite le mouvement horizontal qui les accompagne nécessairement se fait principalement dans la direction de la propagation de la houle, comme l'observation l'a prouvé, comme les marins l'admettent.

Dans l' hypothèse d'un mouvement purement vertical, on a voulu expliquer le transport des bâtiments par la houle, par l'effet de la poussée de l'eau qui s'élève, sur le flanc incliné du bâtiment. Mais on oublie , ce me semble , que le bâtiment a deux flancs, et que l'effet de la poussée doit être le même en grandeur et de sens contraire sur ces deux flancs; si même il n' est pas plus considérable sur le flanc de sous le vent que sur le flanc du vent, par ce que le premier est généralement plus incliné à l' horizon à cause de la bande du navire et du roulis produit par l'effet antérieur de l'onde sur le flanc du vent.

J'ai dit enfin : « on approcherait, je crois, beaucoup plus » de la réalité des choses , en admettant que la direction du » mouvement des particules d'eau est, dans tous les cas, sen- » siblement normale aux surfaces d' égale pression, et que ce » mouvement est dirigé de dehors en dedans à la partie posté- » rieure de l' onde et de dedans en dehors à la partie anté- » rieure. Le mouvement de transport horizontal qui accompagne » toujours l'onde se trouverait ainsi tout naturellement expliqué, » et l' on retrouverait le mouvement purement vertical pour » le cas particulier des ondes infiniment petites. »

(1) Ce qui ne veut pas dire *exclusivement* positives ; car, l' eau déplacée et soulevée par le vent n' étant pas remplacée par un corps solide et fixe comme dans l'expérience de M. Dyar, le vide momentanément produit en arrière de l' onde doit nécessairement donner lieu à la production d'une onde en petite partie négative, même en pleine mer ; mais il n' en paraît pas moins évident que le sens positif doit grandement prédominer dans le mouvement horizontal essentiel à la constituion de l'onde produite.

En écrivant cette phrase, je n'avais en vue que les ondes de la houle, que les ondes essentiellement positives ; et c'est de celles-là seulement que je m'occuperai ici.

Supposons l'onde plane, et que son équation dans une quelconque de ses positions soit

$$y = h \sin.^2\left(\frac{x + l - vt}{l}\,\pi\right).$$

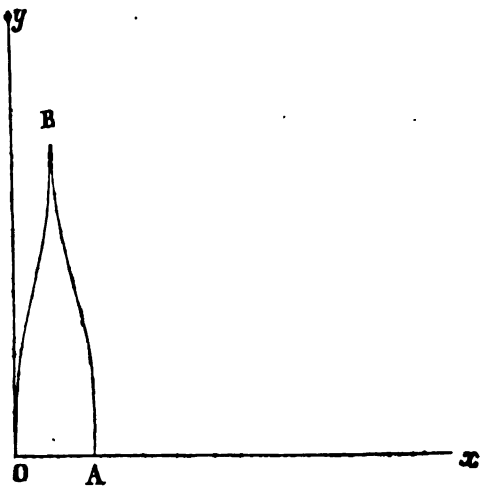
L'origine des coordonnées est sur la surface primitive de l'eau; l'axe des x est horizontal et dirigé dans le sens de la propagation de l'onde ; l'axe des y est vertical et dirigé de bas en haut; h sera la hauteur de l'onde ; l sa longueur; v sa vitesse de propagation ; t le temps ; et π le rapport de la circonférence au diamètre.

Le mouvement supposé fera décrire aux particules d'eau de la surface la courbe dont l'équation est

$$x = -\frac{1}{2}\,kh\left(\theta - \frac{1}{4}\,\sin.\,4\theta\right);$$

en faisant pour abréger $\frac{y}{h} = \sin.^2\theta$; et $\frac{\pi h}{l} = k$.

Cette courbe a la forme, ci-dessous: OBA; OB est la hauteur de l'onde, OA est la quantité dont la particule O s'est



avancée dans la direction de la propagation de l'onde pendant que cette particule a fait partie de l'onde. La valeur de OA est

$$OA = \tfrac{1}{2}\, lk^2 = \tfrac{1}{2}\, \pi kh \ .$$

La figure suppose $l = 20.h$; ce qui donne $OA = \frac{1}{4}$ OB à peu près.

On a pour la vitesse horizontale de la particule :

$$\frac{dx}{dt} = vk^2 \frac{\sin.^2 2\theta}{1 + k^2 \sin.^2 2\theta}$$

quantité toujours positive; et pour la vitesse verticale

$$\frac{dy}{dt} = - vk \frac{\sin. 2\theta}{1 + k^2 \sin.^2 2\theta} \ .$$

La valeur maximum de la première est : $vk^2 \frac{1}{1 + k^2}$.

Et la valeur maximum de la seconde : $vk \frac{1}{1 + k^2}$.

On voit que, si h, et par suite k, est considéré comme une quantité très petite du premier ordre, il en sera de même de la vitesse verticale maximum ; tandis que la vitesse horizontale maximum sera du second ordre.

La vitesse moyenne horizontale est $\frac{1}{2}\, vk^2 \frac{1}{1 + k^2} =$ à peu-près $\frac{1}{2}\, vk^2$ lorsque k est très petit.

Ainsi, pour une onde de 7 m. de hauteur et de 140 m. de longueur, comme on en voit dans la partie Sud du Grand Océan, si l'on suppose une vitesse de propagation V de 14 m. par seconde, on a pour cette vitesse moyenne horizontale $0^m,175$. Elle serait plus petite, si, la longueur restant la même, la hauteur devenait plus petite ; et serait plus grande, si, la hauteur restant la même, la longueur devenait plus petite. Elle tombe entre les limites assignées à cette vitesse par les marins ; et l'on peut croire que le mouvement admis s'approche plus de la réalité que le mouvement (d'ailleurs impossible) purement vertical. Mais on aurait tort de conclure de cet accord

que le mouvement supposé est le mouvement réel ; celui-ci peut en différer beaucoup ; et une application habile de l'analyse au problème de la propagation des ondes *réelles*, peut seule nous le faire connaître.

Voilà tous les éclaircissements que je puis donner sur le passage cité de la Partie Physique du voyage de la Vénus. Mais permettez-moi, Monsieur, d'ajouter encore quelques développements sur un autre passage, qui contient, je crois, l'explication rationnelle des effets mécaniques des vagues.

J'ai dit (page 129): « On peut, jusqu'à un certain point, » se rendre compte de ces effets, en faisant attention que, » lorsqu'une onde se propage sans déformation sensible, la » somme des demi-forces vives reste à peu près constante » pendant toute la durée du mouvement. Mais, comme aux » accores d'un banc (et j'ajoute au voisinage de la côte, et » au fond d'un bassin dont les parois latérales se rapprochent » en entonnoir sans changement de profondeur) la masse de » l'eau qui reçoit cette demi-force vive vient à diminuer subi- » tement par suite de la diminution de la profondeur (ou de » la largeur du bassin), la vitesse doit croître, et, par suite » l'eau doit s'élever plus haut et descendre plus bas ; c'est-à- » dire que l'onde doit prendre un excès de hauteur ; et cet » excès de hauteur (que l'onde ne peut conserver à cause de » la diminution de sa longueur) doit à son tour, en se rédui- » sant, produire un mouvement de transport horizontal. »

Soit m la masse d'une particule d'eau et soit V sa vitesse: la demi-force vive sera $\frac{1}{2}mV^2$; et la somme $\Sigma\frac{1}{2}mV^2$ de tous les produits semblables, étendue à toutes les particules en mouvement qui composent l'onde sera, à peu près, constante.

Si l'on désigne par M la masse totale des particules en mouvement, et par u une certaine vitesse moyenne entre toutes celles de ces particules ; on aura $\Sigma\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}Mu^2 =$ constante. Par suite, si $M' < M$, est la masse d'eau mise en mouvement par la masse M rentrée au repos ; et si u' est la vitesse moyenne correspondante ; on aura : $\frac{1}{2}Mu^2 = \frac{1}{2}M'u'^2$ et par conséquent $u' = u\sqrt{\frac{M}{M'}}$.

Or M' diminue de plus en plus à mesure que l'onde arrivée à l'accore d'un banc s'avance vers ce banc, ou qu'arrivée au voisinage d'une côte elle s'avance vers cette côte, ou qu'arrivée à l'entrée d'une baie en entonnoir elle s'avance vers le fond de cet entonnoir; dans tous ces cas, la vitesse moyenne doit donc augmenter de plus en plus. L'énorme demi-force vive d'une grande onde doit donc se concentrer ainsi dans une masse d'eau de plus en plus décroissante, et la rendre capable de produire de grands effets mécaniques.

Dans les cas ordinaires, de beaucoup les plus fréquents, les vagues déferlant par le haut, leur demi-force vive se perd en tourbillonnements intérieurs de la masse d'eau et finalement se transforme en chaleur qui se dissipe. Mais, dans des conditions particulières, c'est par le bas que la vague se rompt; et alors il se produit ce qu'on a appelé un *flot de fond*. L'eau est lancée parallèlement au fond; et possédant encore la plus grande partie de la demi-force vive de l'onde génératrice, elle peut produire de grands effets mécaniques, ou s'élever très haut, si la configuration du fond la ramène peu à peu à la direction verticale.

Pour avoir une évaluation numérique, qui puisse donner une idée de ces effets; reprenons l'onde de 7 m. de hauteur et de 140 m. de longueur dont il a été parlé plus haut, et dont nous avons supposé la vitesse de propagation égale à 14 m. par seconde. Le carré de la vitesse maximum d'une particule de la surface est V^2k^2. Soit $\frac{1}{n}$ la fraction de cette quantité qui exprime le carré de la vitesse moyenne, de manière que ce carré soit $\frac{1}{n} V^2k^2$; soit pl le multiple de la longueur de l'onde qui exprime la plus grande profondeur à laquelle se trouvent les particules qui participent sensiblement au mouvement de l'onde; et soit λ la largeur transversale de cette onde. On aura, pour la demi-force vive de cette onde

$$\frac{1000^k}{2g} pl^2\lambda \frac{1}{n} V^2k^2 = \frac{p}{n} \frac{1000^k}{2g} \lambda V^2\pi^2h^2 .$$

Supposons que cette demi-force vive se concentre sur

une masse d'eau de même largeur λ que l'onde, de longueur a et de hauteur b ; on aura, en désignant par z sa vitesse moyenne inconnue, pour sa demi-force vive: $\frac{1000^2}{2g}\lambda abz^2$; et comme elle doit être égale à la demi-force vive de l'onde génératrice, on aura l'équation $abz^2 = \frac{p}{n}\pi^2 V^2 h^2$.

Soit maintenant $a = 10$ m., $b = 1$ m. ou $ab = \pi^2$ à peu près, i viendra $z = Vh\sqrt{\frac{p}{n}}$.

En sorte que si $p = 10$ et $n = 1000$; h étant égal à 7 m. on aura $z = \frac{7}{10}V$.

C'est-à-dire, que cette masse d'eau de 10 mètres carrés de base sur une largeur λ égale à celle de l'onde possédera une vitesse moyenne réelle de transport égale aux sept-dixièmes de la vitesse de propagation de l'ondulation au large. Et si la configuration de la côte en entonnoir concentre dans le fond de cet entonnoir sur une étendue de 10 m. la demi-force vive disseminée sur l'étendue λ supposée égale à 100 m. la vitesse moyenne réelle deviendra $\frac{7}{10}V \times \sqrt{10} = 2,2V$, et serait par conséquent de 31 m. pour l'onde dont il est question, pour laquelle $V = 14$ m. Et la demi-force vive de ces cent mètres cubes d'eau serait d'environ cinq millions de kilogramètres.

Ainsi, sans tenir compte du vent qui a certainement une grande influence, par la seule action de la communication du mouvement ondulatoire modifiée par la configuration du fond et de la côte, il peut arriver qu'une masse de cent mille kilogrammes d'eau se trouve animée d'une vitesse réelle de 31 mètres par seconde et possède une demi-force vive de cinq millions de kilogramètres.

Je vous demande pardon, Monsieur, pour la longueur démesurée de cette note, et pour le temps précieux qu'elle pourra vous faire perdre. Mais sachant qu'elle devait être jugée par le savant le plus compétant en ces matières ; et désirant,

dès lors, préciser et soutenir de mon mieux une opinion que je crois être la vraie; je n'ai pu la faire plus courte.

Je vous demande surtout pardon pour la digression finale pour laquelle je n'ai pas même l'excuse d'une citation ou d'un désir exprimé. J' espère toutefois que l' intérêt d' un sujet si controversé, et qui a donné lieu à une théorie célèbre me fera pardonner le tout par un savant aussi rempli de zèle pour la science que de bonté pour tout le monde.

Agréez, je vous prie, Monsieur, l'expression de la profonde estime avec laquelle je suis,

Votre très-humble serviteur
DE TESSAN ING.r

NUM. 3.

Su certi fenomeni marittimi ed intorno ad alcune opere relative allo sbocco dei fiumi in mare, al proposito di due pubblicazioni del Cialdi.

CONSIDERAZIONI E PENSIERI
DI VINCENZO ANTONIO ROSSI
(1857) (*d*)

1. Lo sbocco delle acque correnti in mare, e più dei fiumi, è importantissimo argomento; perciocchè dalla felicità dello sbocco indubitatamente deriva, per lungo tratto in su, la condizione della corrente stessa: e difficultato lo sbocco, spesso deriva l'allungamento della linea dell' infimo tronco del fiume;

(*d*) In merito di data questo lavoro del professor Rossi avrebbe dovuto essere anteposto alla Nota del Murchison ed alla Lettera del de Tessan. Ma facendo seguito ad esso gli schiarimenti, in forma di lettera, da me dettati quando venne pubblicato, e questi schiarimenti cadendo in acconcio anche per un passo del de Tessan da me avvertito con la nota *b* (pag. 562), ho creduto posporre a quelle il lavoro del Rossi.

A. C.

l' alzamento del suo fondo, e del suo pelo; e quindi difficoltato lo scarico delle acque delle laterali campagne: inoltre mantenute profonde le acque di un fiume alla sua foce e questa libera da ogni impedimento, l' infimo tronco di esso può addirsi a porto canale; onde non solo alla felicità degli scoli, ai bonificamenti, ed all'agricoltura interessa la natura dello sbocco dei fiumi in mare, ma ancora al commercio mediterraneo e marittimo.

Però è degno di molta lode il sig. commendatore Alessandro Cialdi che distendeva la sua memoria sul moto ondoso del mare con intendimento, non solo di giovarne alla nautica ed all' idraulica, ma sì ancora di studiarne gli effetti sulle foci dei fiumi: ed anche per aver pubblicata la sua lettera relativa al porto canale di Pesaro, ove chiama l'attenzione dei dotti su ciò ch' è avvenuto nel porto di Levante ed in quello Corsini sull' Adriatico, e su quanto egli propone pel detto porto di Pesaro.

Invitato da lui, con troppo lusinghiere parole a meditare sul soggetto; comunque assai titubante, pure per le istanze fattemi, quando degnavasi rimettermi un esemplare di ciascuna delle dette sue opere, dirò le mie opinioni o meglio i miei pensamenti, secondando lo scopo per cui egli assai modestamente diceva pubblicarle; per far pensare cioè più che per persuadere.

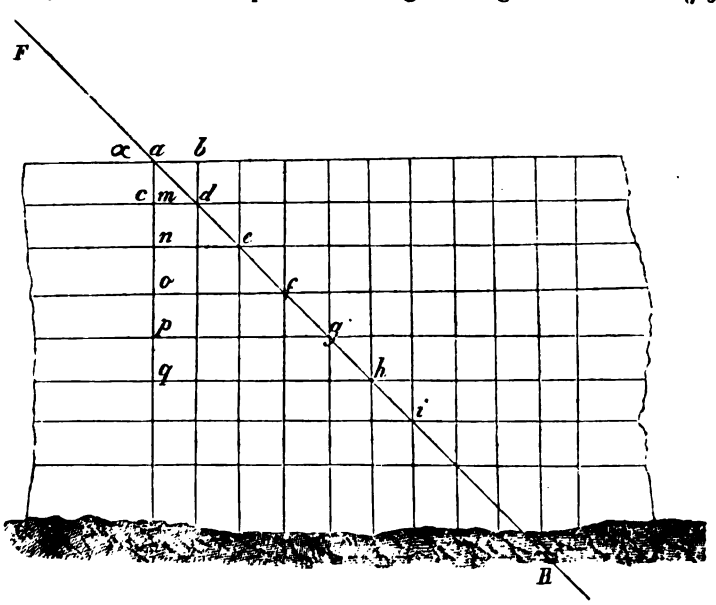
Ma esponendo tali miei pensieri od opinioni, non intendo pure dare un giudizio, come il chiaro Autore sembrava chiedere, ché non sono da tanto: e se nel farlo non mi oppongo ai miei diletti amici, già miei allievi, i signori Carrieri e de Rosa, che mi fanno istanza di averli per pubblicarli nel loro pregevole giornale, ciò è perchè dal render note all'universale le proprie idee, qualunque esse siano, sur un importante argomento, può venirne talora non isperato vantaggio.

2. Il sig. commendatore Cialdi ammette nei soli casi di violenta tempesta un moto di trasporto reale nelle acque del mare per tutta l'altezza della massa fluida soggetta all'ondulazione ovunque si trova: nei casi di venti moderati non l'ammette punto in alto mare, ma solo presso le spiagge, per non trovar quivi le onde libero svolgimento, comunque stessero a

più miglia dal lido: l'onda presso le spiagge, dice egli, non avendo più moto apparente e di percussione soltanto, ma sì ancora di traslazione progressiva in massa, deve agire potentemente sul fondo del mare; aver forza di smuoverlo e di trasportarne i materiali: e ritiene però essere i flutti prevalenti alla corrente radente pel trasporto dei materiali; onde poi ne deduce che principalmente i flutti e non le correnti sieno cagioni d' impedimento allo sbocco delle acque in mare, e dell' interrimento de' porti.

3. Che il vento impetuoso debba agire sulle molecole liquide, e quindi anche su quelle del mare per attrito od anche per coesione, sembrami indubitato; e la seguente analisi che mi si affacciava alla mente nello studiare la memoria anzidetta, sembrami opportuna a dimostrare, come ed in quali casi il moto prodotto alla superficie da vento impetuoso possa propagarsi a notevole profondità; onde poi resta comprovata la proposizione del signor Cialdi del trasporto in alto mare di tutta la massa fluida sin dove si estende la ondulazione nei casi di gravi tempeste: e che coloro che ammettono sempre moto di trasporto nelle acque delle onde cadono in eccesso, come quelli che non l'ammettono mai: e forse più questi che quelli.

Sia una massa liquida ed indefinita, che suppongo per ora in quiete; e sulla sua superficie venga ad agire il vento (*fig.* 1)



con direzione FR inclinata all' orizzonte , ossia alla superficie suprema della massa liquida, con angolo α. Intendo menati dei piani orizzontali distanti tra loro per una unità assai piccola. Pei punti d, e, f, g, . . . ove tali orizzontali incontrano la direzione FR del vento, menati dei piani verticali; e degli altri piani verticali perpendicolari ai precedenti pure distanti tra loro per la stessa unità assai piccola. Tutta la massa liquida resta così divisa in elementi parallelepipedi.

Considero l' elemento m. Su questo agisce la forza del vento sulla sua faccia superiore ab, e la resistenza di attrito (od anche di coesione se si voglia) sulla faccia opposta cd, dovuta alla componente della forza del vento normale alla faccia ab, alla pressione atmosferica sulla faccia istessa ed al peso della molecola liquida m.

La faccia ab del parallelepipedo è eguale a cot. α; e quindi la projezione sua sopra un piano normale alla direzione FR della forza del vento è pari a sen.α cot.α; quindi detta F la forza del vento sulla unità superficiale, sarà la forza sua totale agente sulla faccia ab, valutata nella direzione del vento, $F\,\text{sen.}\alpha\,\text{cot.}\alpha = F\,\cos.\alpha$.

Scomposta questa in due l'una orizzontale, l' altra verticale, è:

la orizzontale $F\cos^2\alpha$

la verticale $F\,\text{sen.}\alpha\,\cos.\alpha$.

Quindi detto p il peso di un cubo del liquido, fatto sull'assunta unità;

H la pressione atmosferica sulla unità di superficie, ed f il coefficiente di attrito ovvero di coesione, è la forza sollecitante la molecola m e che la spinge orizzontalmente da sinistra a destra:

$$F\cos^2\alpha - f\,(F\,\text{sen.}\alpha\,\cos.\alpha + (H + p)\,\text{cot.}\alpha) \ .$$

E sulla molecola in secondo ordine n agirà la forza

$$F\cos^2\alpha - f\,(F\,\text{sen.}\alpha\,\cos.\alpha + (H + 2p)\,\text{cot.}\alpha) \ .$$

Sulla molecola in terz' ordine o la forza sollecitante

$$F\cos.^2\alpha - f\,(F\,\text{sen.}\alpha\,\cos.\alpha + (H + 3p)\,\text{cot.}\alpha) \ ,$$

e così di seguito: e le molecole che trovansi alla profondità y saranno sollecitate dalla forza

$$F\cos.^2\alpha - fF\,\text{sen.}\alpha\cos.\alpha + (H + yp)\cot.\alpha)] .$$

Ed è quindi in generale la forza sollecitante una molecola qualunque alla profondità y sotto il pelo del livello supremo:

$$(I) \qquad F\cos.\alpha\,(\cos.\alpha - f\,\text{sen.}\alpha) - f\,(H + py)\cot.\alpha .$$

4. Secondo il valore di F e dell' angolo α la precedente espressione può essere positiva; ed anche può diventare zero.

Dunque quando è

$$(II) \qquad F > \frac{f\,(H + py)}{\text{sen.}\alpha\,(\cos.\alpha - f\,\text{sen.}\alpha)}$$

ciascuna molecola liquida sino alla profondità y sarà indotta al moto progressivo dalla forza del vento: e se questa fosse costante per tutta la superficie della massa liquida, ciascuno strato di una tal massa si moverebbe tutto ugualmente; e quando invece la forza del vento è

$$(III) \qquad F < \frac{fH}{\text{sen.}\alpha(\cos.\alpha - f\,\text{sen.}\alpha)}$$

le molecole liquide non saranno indotte al moto progressivo.

Ecco i due casi del forte vento ovvero di tempesta, e del vento mite; nel primo caso può aver luogo moto di trasporto; nel secondo no: ma quando si definisca vento di tempesta quello la di cui forza è espressa dalla (II), e per vento mite in vece quello la di cui forza è espressa dalla (III).

5. Qualunque sia la F soddisfacente alla (II), la espressione

$$F\cos.\alpha\,(\cos.\alpha - f\,\text{sen.}\alpha) - f\,(H + py)\cot.\alpha$$

può divertare zero per determinato valore di y; quindi per tutta la profondità della massa liquida minore di un tal valore della y saravvi moto progressivo, ovvero di trasporto; per la profondità maggiore non ve ne sarà. Dunque il moto di trasporto nel senso orizzontale non si propagherà a profondità maggiore di

(IV) $$y = \frac{F}{fp}\,\text{sen.}\alpha(\cos.\alpha - f\,\text{sen.}\alpha) + \frac{H}{p},$$

e si vede che questa profondità potrà essere maggiore o minore, non solo al variare la forza del vento, ma sì ancora al variare dell'angolo della sua direzione all'orizzonte.

6. Sarebbe la minima, quando l'angolo della direzione della forza del vento all'orizzonte fosse

$$\alpha = \text{zero} \;;\quad \text{od} \quad \alpha = A \times \text{cot.}f.$$

Ma in ciascuno di questi casi il valore di F soddisfacente alla (II) sarebbe infinito.

Dunque anche nel caso di vento tempestoso, definito come sopra (4) potrebbe non esservi moto di trasporto nella massa liquida : e, semprechè ha luogo, non può esserlo che per profondità maggiore di $y = \frac{H}{p}$.

7. A tutte le altre cose pari la detta profondità è in vece la più grande , quando l' angolo d' inclinazione della direzione del vento all'orizzonte è metà di quello la di cui cotangente è pari al coefficiente di coesione, ovvero di attrito di uno strato orizzontale di liquido sul liquido inferiore.

8. Quando trovandosi in quiete la massa liquida, il vento va ad investirla sulla superficie con forza costante in intensità e direzione per tutta la estensione sua ; tutta la massa liquida, fin dove si propaga il movimento (5), si muoverà orizzontalmente , in egual modo e nello stesso verso per ciascuno suo strato minimo orizzontale.

Ma non così se la forza del vento varia da tratto a tratto continui nel senso della sua direzione computata orizzontalmente. In tal caso una colonna verticale di liquido vorrebbe muoversi più veloce della contigua che gli sta innanzi, su cui il vento agisce con minor forza ; e questa invece vorrebbe andare meno veloce ; ed una terza colonna invece che sta innanzi a questa, su cui il vento agisce con maggior forza, vorrebbe andare più veloce della precedente; e così alternativamente.

Quindi ciascuna colonna liquida , lunga quanto la intera massa, meno spinta dal vento, mentre è per perdere il sostegno dinanzi , è premuta ed incalzata di dietro ; e ciascuna di

quelle più spinte dal vento mentre è impedita dinanzi resta libera di dietro. Dunque la prima dovrà avvallarsi alla superficie nella sua metà anteriore ed elevarsi nella metà posteriore; e la seconda fare il contrario: e mentre che la forza sollecitante orizzontale, espressa innanzi (l) tanto opera; ad un tempo la componente verticale della forza del vento, essendo successivamente maggiore sur una colonna e minore in sull'altra, e per la natura dei liquidi le pressioni diffondendosi per ogni verso, indipendentemente dal primo movimento, e contemporaneamente con esso, dovrà avvenire che la colonna liquida più premuta alla superficie suprema dovrà schiacciarsi ed allargarsi, e l'altra meno premuta alla suprema superficie dovrà assottigliarsi ed allungarsi. Dalla composizione dei quali movimenti è evidentissimo dovere ingenerarsi col moto progressivo di massa, un'onda nella superficie del liquido, qualunque altri sieno i movimenti intestini delle molecole sue componenti. E per reazioni uguali alle azioni, ai primi movimenti di discesa e di salita dovranno succederne altri in senso contrario.

Ecco però generate le onde: il loro moto apparente; ed il moto reale di trasporto della intera massa ondosa. Ed è evidente che potrà esservi luogo allo sviluppo compiuto del movimento delle molecole componenti nel senso verticale, o no; secondo la varia differenza della forza del vento nei tratti contigui, secondo la direzione sua, e la diversa profondità della massa liquida.

9. Messe una volta in movimento le molecole liquide, così da generare le onde, ed acquistata però una certa forza viva, il movimento dovrà continuarsi ancora per un certo tempo sino alla totale estinzione della fatica delle forze per ciò accumulatevi, anche dopo cessato il vento; oppure anche dopo ridottosi ad essere dappertutto di eguale forza. Ecco l'ondulazione senza vento, ed anche stando costante forza di vento.

10. E se spirando il vento, spirava con tal forza da imprimer moto progressivo orizzontale alla massa liquida; questo moto conserverassi ancora per un certo tempo dopo cessata l' azione del vento. Ecco quindi la possibilità di moto di trasporto nella massa componente le onde, anche senza vento, o con vento mite.

Questo, come definito di sopra (4), non può imprimer moto di reale trasporto; ma se questo esista già, non l'annullerà.

11. Messa in ondulazione la massa liquida per la disuguale forza del vento (8), per su ciascun tratto progressivo della massa liquida si acquisterà forza viva dalle molecole contigue a quelle parti circostanti di essa massa, sulla superficie delle quali non agì vento; ed è indubitato che esse molecole così animate di forza viva dovranno agire sulle contigue premendole, fino a tanto che non spendano tutta la quantità di azione di che sono animate; e che però delle colonne liquide su cui non agisce forza di vento alla superficie, pure essendo meno premute quivi che all'uno dei fianchi, dovranno mettersene in moto le molecole componenti; e quindi potrà avvenire propagazione dell'onda; e che questa fugga il luogo della sua generazione. Come osservava Leonardo da Vinci.

12. Che se la massa liquida non stia in quiete, come ho supposto di sopra; ma sia agitata dalle onde, e sulla sua superficie venga ad agire una forza costante di vento in intensità e direzione; questa pure dovrà agire su ciascuna molecola liquida con forza sollecitante, come ho calcolato di sopra (3); perciocchè per la inerzia della materia i suoi moti si compongono; ed ammeno che le forze agentevi su non si elidano, i moti componenti sono sempre dovuti alle forze che rispettivamente li producono. Dunque se una massa è agitata già dalle onde e che non abbia moto attuale di trasporto orizzontale, potrà acquistarne a cagione del soffiare dei venti purché la forza di questi sia tale (11) da farglielo acquistare, come per le cose predette (4); se abbia attuale moto di trasporto nel senso orizzontale, potrà questo farsi maggiore o minore soffiando il vento con la dovuta forza, detta di sopra, nello stesso verso del moto progressivo preesistente, od in senso contrario.

Se non che trovandosi la massa liquida in ondulazione alla superficie, come ho supposto, e nella espressione (1) della forza sollecitante entrandovi il peso dell'altezza soprastante a ciascuno strato liquido interiore, nella fatta supposizione di preesistente ondulazione essendo varia tale altezza, ciascuno strato orizzontale del liquido non sarà dappertutto parimente spinto nel moto

progressivo di trasporto. E però nell' acquistarsi dalla massa ondosa un moto progressivo di trasporto che non aveva, o nell'accelerarsi o ritardarsi il preesistente, il moto ondoso preesistente si altererà, e modificata potrà essere la forma dell'onda alla superficie.

Negli strati superiori poi, la massa liquida non si trovando dappertutto egualmente sostenuta ai fianchi, in essi il disturbo dei moti preesistenti potrà essere anche maggiore; e quindi le onde potranno esser rotte e frante dal vento.

13. Dalla formola superiore risulta evidente che se una massa liquida è in quiete, e viene ad agire sulla sua superficie una forza di vento costante, questa, se ha il dovuto valore (4), imprimerà moto orizzontale di trasporto alla massa liquida sino ad una certa profondità (5) dipendente dal suo valore e dall'angolo di sua direzione all'orizzontale. Se dunque il fondo del recipiente sarà al di sotto della superficie orizzontale del pelo dell' acqua per altezza minore della precedente (IV), la massa liquida sarà indotta al moto tutta intera; e la forza sollecitante lo strato infimo delle molecole liquide sarà (I):

$$(V) \qquad F\cos.\alpha(\cos.\alpha - f_1\operatorname{sen}.\alpha) - f_1(H + py_1)\cot.\alpha$$

ove f_1 è il coefficiente dell'attrito ovvero della coesione del liquido sul fondo del suo recipiente, ed y_1 la distanza di questo dalla suprema superficie della massa liquida; e se il fondo fosse di materia slegata ovvero sciolta, il suo strato superiore potrebbe essere indotto pure a moto progressivo da forza sollecitante ciascuno suo elemento espressa da

$$(VI) \qquad F\cos.\alpha(\cos.\alpha - f_2\operatorname{sen}.\alpha) - f_2(H + py_1 + p_2)\cot.\alpha$$

ove f_2 esprime la coesione ovvero attrito dello strato superiore della materia componente il fondo del recipiente; e p_2 il peso di una unità cubica di essa materia: e si fa manifesto che ammeno che f_2 non fosse così grande da rendere

$$f_2(H + py_1 + p_1)\cot.\alpha \gtreqless F\cos.\alpha(\cos.\alpha - f_2\operatorname{sen}.\alpha)$$

la forza del vento, essa sola, non solo potrebbe indurre a moto progressivo la massa liquida, ma ancora un certo strato della

materia componente il fondo del recipiente: e ciò quando è così gagliardo e di tale inclinazione all' orizzonte che sarebbe capace di sollecitare al moto progressivo orizzontale lo strato di molecole liquide messo a profondità maggiore dalla superficie suprema del livello, che non è il fondo del recipiente.

Dunque sulle spiagge sottili, ove perciò il fondo del mare è tanto poco al disotto del supremo suo livello, da esserne dappertutto la profondità minore del valore della y dato dalla espressione superiore (IV), anche quando il valore di F non è grande; ovvero anche un vento che spira da fuori, non assai gagliardo può essere capace di far prendere un moto progressivo a tutta la massa fluida non solo, ma sì ancora alla materia sciolta o slegata che potesse costituire il fondo della spiaggia. E non è raro il vedere diventare torbide le acque del mare anche senza tempesta, quando increspato da rilevante vento di fuori.

14. Che se lo strato infimo della massa liquida indotta al moto di trasporto dal vento, si trovasse già in moto; e venendo dal largo andasse ad investire il fondo della spiaggia sottile, in tal caso non solo per la cagione suddetta, lo strato superiore del fondo di essa spiaggia potrebbe essere indotto al moto; ma potrebbe esserlo anche più per la forza viva già acquistata dagli strati inferiori della massa liquida proveniente dal largo. E quindi anche maggiore quantità di materia potrebbe essere trasportata al lido.

15. E poiché la forza viva di un corpo si va via via estinguendo, a misura dal suo agire sui corpi circostanti; ad un tempo può andare ritardandosi la velocità del moto progressivo verso terra della massa liquida: onde poi il doversi elevare le acque presso il lido. E di quì parmi potersi trarre modo da spiegare il farsi acque piene, quando il mare sente di fuori: ed anche il potersi rispondere alla obbiezione di coloro i quali dicono, che ove fossevi moto reale di trasporto da fuori verso terra, i lidi sarebbero inondati.

16. Per ciò che ho detto (3, 4), il moto di trasporto potrebbe aver luogo anche per sola forza di vento, quando venisse ad agire su di una massa liquida che si trovasse in quiete; ma ove questa si trovasse avere nelle sue molecole un qualunque siasi moto non di trasporto, parmi evidente che al

sopraggiungere di un vento gagliardo che spirasse da fuori, i medesimi fenomeni dovrebbero avvenire: e moto progressivo ovvero di reale trasporto potrebbe succedere. Ed anche in altro modo e più efficacemente sulle spiagge sottili il vento contribuisce al moto di trasporto delle acque del mare inducendole a correre verso il lido, quando spinge di fuori: e quindi anche più può essere prima cagione di indurre al moto le materie slegate dello strato superiore del fondo del mare; perciocchè sulle spiagge sottili elevandosi le onde, il vento può spingere innanzi le molecole liquide elevate per esso, e far prendere moti progressivi a cotali masse liquide: e secondo le varie direzioni dei venti, correranno verso terra con moto direi quasi indipendente da quelli progressivi della intera massa; o con moti obliqui, rompendo essa massa per la forza viva acquistata, correranno in giù ed anderanno a percuotere ed urtare obliquamente il fondo, che agitato e zappato darà tanto più materie da essere trasportate al lido dalla intera massa corrente verso di esso.

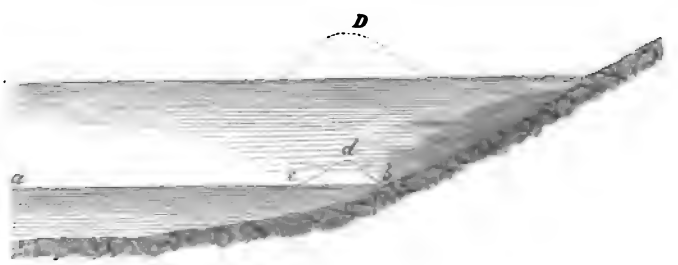
17. Ho voluto esporre l' analisi precedente, perché a me pare che spieghi il modo tutto razionale, che in alto mare evvi sensibile moto progressivo in massa nei casi di venti impetuosi, ovvero di violenti tempeste; e così viene a corroborarsi la opinione del sig. Cialdi che coi fatti pratici dimostra: e parmi ancora che può esservi movimento di trasporto in alto mare anche nei casi di non violenta tempesta e di venti miti, ammeno che per questi, come ho detto di sopra (4), non volessero intendersi quelli di forza espressi dalla (III); e per venti producenti violenta tempesta quelli di forze espresse dalla (II); la qual cosa parmi non si potrebbe liberamente; perché tra questi valori, parmi potervene essere non producenti tempesta violenta; onde per questa parte potrebbe non assolutamente reggere la opinione del lodato sig. Cialdi, il quale restava convinto da fatti che « in alto mare nei casi di vento mite sino » a quello di forza moderata per lo meno, non deve esistere » nelle onde moto sensibile di trasporto in massa », quando all' incontro per certe forze di venti comprese nella (II), ma non producenti tempeste, li quali potrebbero però piuttosto dirsi venti miti, o di forza moderata, può pure avvenire moto di

reale trasporto: perlocchè d'altronde verrebbero naturalmente spiegati certi fatti riportati dal chiaro Autore che sembrano contradittorii: ed è perciò che convengo ancor io « che coloro i quali vogliono ammettere *sempre* moto valutabile di trasporto nelle onde cadono in eccesso, come quelli che non l'ammettono *mai* »; ma credo stare questa proposizione anche in senso più esteso, come rilevasi da ciò che ho detto.

18. Il moto di reale trasporto poi nelle spiagge sottili, prodotto da casi diversi dai detti di sopra, parmi sì bene dimostrato dal lodato Autore che credo non abbisognare di comento; ma avendo egli dichiarato essere scopo della sua scrittura il far pensare più che persuadere, mi piace aggiungere alcuni miei pensamenti sul soggetto; pei quali vengono a spiegarsi, per mezzo del moto di trasporto presso le spiagge, alcuni fenomeni notissimi.

Suppongo adunque che l'acqua componente l'onda presso al lido, abbia veramente un moto progressivo ovvero di reale trasporto verso la terra.

19. Lo strato fluido (*fig.* 2) *ab* incontrando in *b* il lido con



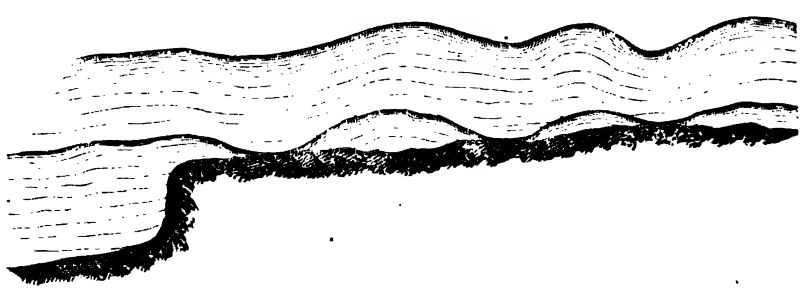
una certa velocità u, una sua massa M che investe il fondo in b, trovasi avere acquistata una forza viva Mu^2, e quindi debbe spendere in b la quantità di azione $\frac{1}{2}Mu^2$ in essa accumulata. E però il fondo del lido in b cederà, estinguendo essa quantità di azione; ed intanto reagirà contro la massa M di acqua. Se una tal massa fosse un corpo solido, dopo un certo spazio, pel cedere del fondo, spesa la quantità di azione accumulatavi, essa arresterebbesi tutta intera. Ma essendo invece liquida, si romperà; e la detta reazione del fondo agirà in varia guisa sulle sue molecole componenti. Intanto la successiva massa M_1 pur

animata da forza viva M_1u^2 premerà dall'altra parte la medesima massa M agente contro il fondo del lido in *b* e già rotta. Quindi le molecole della massa M trovandosi premute dai due lati si schiacceranno nel senso *bc*, e *cb*; nè potendo scendere che di una quantità minima, a cagione della resistenza del fondo *cb*, si eleveranno in *d*: e questo innalzamento influendo sugli strati acquei soprastanti, l'acqua si eleverà in D.

Ciò avverrebbe ove essendovi solo moto progressivo da fuori verso terra la massa liquida non fosse ondulata. Ma quando il fosse, pure il medesimo avverrebbe. Quindi l'aguzzarsi delle onde nell'avvicinarsi al lido ed anche il rompersene la regolarità.

Ed un tal fenomeno parmi non potrebbe parimente spiegarsi non ammettendo moto di trasporto della massa liquida nel senso orizzontale da fuori verso terra; e pertanto le onde cominceranno ad aguzzarsi a maggiore o minore distanza dal lido, secondo che il moto orizzontale di trasporto, si propaga a maggiore o minore profondità dalla superficie.

Il precedente fenomeno potrebbe spiegarsi forse per i flutti di fondo (*flots de fond*) del sig. Emy; ma questi, secondo il medesimo chiaro autore, si generano (*fig.* 3) ove è un risalto

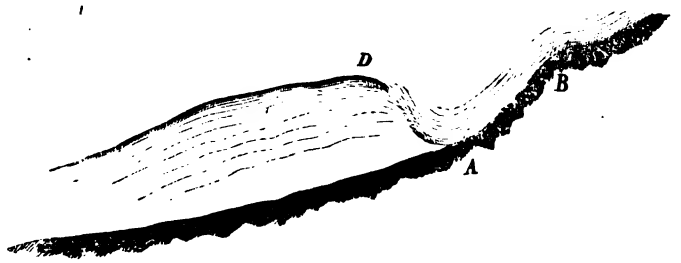


sottomarino: e sulle spiagge sottili spesso non v'è un tal risalto.

20. Se un gagliardo vento, come è detto innanzi, induce a moto progressivo la massa liquida sino ad una certa profondità (5); parmi evidente, che ove al termine di un certo lungo tratto la forza del vento si fa notevolmente minore, e perciò il movimento progressivo nella massa liquida si propaga a profondità notevolmente minore che nel tratto precedente, quivi

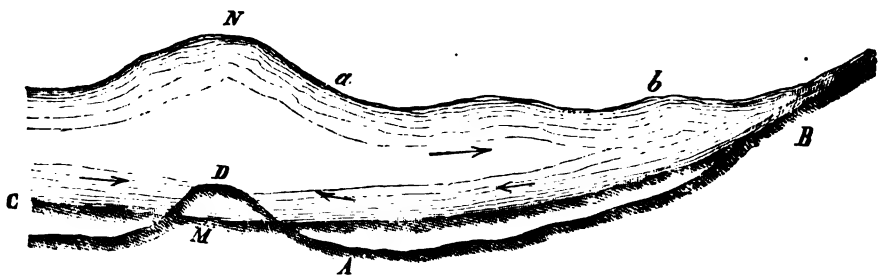
(nella linea di separazione dei due tratti di massa liquida) deve prodursi il fenomeno istesso che all' incontro delle masse animate da moto progressivo col fondo del lido. Quindi l' aguzzarsi delle onde per sola reazione di acqua sottostante, anche in alto mare; ed il frangersi di esse.

21. L'onda sì per essersi aguzzata (*fig.* 4) in D, che per



non essere più sostenuta in DA sale in sulla spiaggia per AB; e quindi ridiscende da B verso A.

Quindi debbono esservi due moti contemporanei, l'uno inferiore (*fig.* 5), da B verso A, l' altro superiore da *a* verso *b*.



Il moto inferiore di ritorno da B verso A dipende dalla sola gravità.

Il moto superiore da *a* verso *b* ha luogo per forza viva acquistata dal largo.

Quindi il moto inferiore BA si estinguerà prima che il superiore: ed estinto in un certo luogo M, al di là di una certa linea NM passante pel punto M, il moto sarà per tutta la profondità della massa da C verso M. E gli strati inferiori provenienti dal largo giunti sulla detta linea MN, per l' incontro della massa di ritorno, non potendo procedere oltre verso terra, dovranno piegarsi in su, e rialzare le onde in N più che nei tratti circostanti: l' onda soprastante nel senso MN sarà disturbata;

si frangerà in N; ed essendovi vento di fuori si precipiterà (16) sulla superficie più bassa *ab*, ed aggiungerà moto a moto.

Ad un tempo scendendo l'acqua per BA, e sotto la pressione idrostatica della massa superiore che si avanza da *a* verso *b*, saravvi escavazione. Parimente può esservi escavazione per CM. E quindi contemporaneo trasporto di materiali da B verso M, e da C verso M. In MN incontrandosi due moti; e quivi le forze vive acquistate, o meglio le quantità di azioni accumulate, spendendosi a rompere le masse fluide e ad elevarne le molecole, le materie scavate resteranno depositate in MN. Ed ecco la disposizione del fondo della spiaggia secondo una certa linea CDAB: ecco la formazione dello scanno in D. Il quale formato, farà maggiore l'elevarsi e frangersi delle onde in N.

22. Il luogo dello scanno D dipende, come è evidente, dalle circostanze che sono cagioni del suo generarsi: e però le forze medesime che il generano possono rimuovernelo e trasportarlo più verso terra, o più verso il largo: ciò più probabilmente avverrà nel succedersi di tempeste ovvero burrasche di varia intensità e sotto l'azione di venti di varia forza e di direzioni diverse.

23. Quando la forza del vento fosse capace d' indurre a moto orizzontale di trasporto la massa liquida sino a notevolissima profondità (4, 5); sur una spiaggia sottile, ciò non potendo aver effetto, la forza medesima indurrà al moto le materie giacenti nel fondo medesimo di essa spiaggia, come è dimostrato di sopra (13). Quindi in tal caso (fig. 5) lo strato superiore CDAB del fondo sarà indotto a moto progressivo verso terra; lo scanno preesistente in D debbe rompersi; ed esserne la materia componente trasportata al lido. In tal caso la falda liquida che si sviluppa dall' onda franta s' interna molto verso terra; la quantità di moto inferiore di ritorno da B verso A è trascurabile rispetto a quella della intera massa da C verso M: tosto debbe annullarsi: non può aver altro effetto che quello di intorbidare le acque. Quindi il trasporto in terra di ciottoli e di grossi materiali.

24. Cessata la grande burrasca, reso il moto da C verso M paragonabile a quello da B verso A, le cose si ricomporranno come prima. Ma la massa d'acqua di ritorno per BA non

avendo forza viva preesistente (21), ed acquistandola per semplice discesa, è inatta a riportare indietro essi ciottoli; e riporta solo le materie sottili. È perciò che ordinariamente lo scanno D è fatto di materie sottili; e spesso di fango.

25. Anche senza tempesta o burrasca il fiotto può essere potente a scavare per CM, e portare le sabbie sino al lido. Ma per la medesima precedente ragione la massa liquida che scende per BA o nulla riconduce in dietro, o materie leggerissime e fangose. Di quì il restar coverte da minute sabbie sul lido le materie grosse portatevi dalle precedenti tempeste; ed il trovarsi talora lo scanno D fangoso e cedevole, e tal altra volta sabbioso e tenace.

26. E per le medesime forze ancora, quando il lido è molto inclinato, lo scanno D ne è più lontano: più è grande la escavazione in A: e si genera una fossa in MAB.

27. Quando il lido scende a picco o quasi così, come è il caso di colline che sporgono in mare; ed ove il mare è assai profondo; allora le acque sue arrivandovi quasi chiare pel moto di trasporto dal largo, v' è sola corrosione; perciocchè le acque di ritorno si animano della quantità di azione dovuta all' intero peso loro; laddove quando il lido è dolcemente inclinato, come nel caso di spiagge sottili, le acque si animano solo di quantità di azione dovuta al loro peso relativo. E quando la costa a picco è di natura facile ad esser rosa: quando alterandosi all' atmosfera facilmente si scompone, e le materie scomposte cadono al suo piede; e sopratutto quando abbondantemente vi cadono tra due successive tempeste assai lontane tra loro; allora avendo luogo le cose discorse innanzi, si generano spiagge ove non ve n'erano: e quindi ancora uno scanno innanzi.

Ho osservato spiagge così generantisi da S. Vito ad oltre Ortona negli Abruzzi sull' Adriatico. E così credo generata la spiaggia da Ortona a Francavilla, ove ancora è assai apparente ed evidentissima la sponda antica di colli o poggi, rosa dal mare e l'accumulamento delle materie scompostene al piede loro.

Forse non molto dissimile per maniera dell' operare della natura è stata la genesi di tutta la spiaggia da Francavilla in su verso il Tronto; ma più rapida molto, perchè quivi coadjuvata

dai materiali abbondantissimi, che tutti quei grossi fiumi e torrenti hanno scaricato in mare. Quivi le masse venenti dal largo col moto di trasporto vario, secondo la diversa direzione dei venti, e componendosi col moto radente ebbero più presto e più abbondanti materie da spingere al lido.

Dunque le spiagge possono generarsi, sianvi o no fiumi torbidi che scaricano le loro acque al mare, ove i poggi o colli vi scendono a picco: purchè la roccia si scomponga, potranno sempre generarsi spiagge, sianvi o no fiumi; si genereranno, più presto ove ve ne siano e torbidi, più lentamente nel caso contrario: non si genereranno, od insensibilissimamente, ove il moto progressivo delle acque del mare, per le varie cagioni che lo producono, si mantiene sempre, o quasi sempre, parallelo alla costa; e sempre rapido o spesso assai forte.

È così che vediamo in alcune località conservarsi le rade profonde.

28. A me pare adunque coll'ammettersi un moto reale di trasporto nelle acque del mare nel senso della propagazione delle onde, e specialmente nelle spiagge sottili, spiegansi bene tutti i predetti fenomeni, che parimente bene non si potrebbero senza di esso. Ciò non vuol dire poi che la velocità del movimento progressivo dell' acqua componente le onde, debba essere pari alla velocità della propagazione loro. Il cammino delle onde, la loro propagazione, può essere più veloce di quello dell'acqua componente. Un certo moto sia oscillatorio, sia orbicolare, sia di va e vieni, delle molecole liquide, dal quale nasce l'onda, può ben essere più rapido molto, di un moto loro progressivo in un certo dato senso orizzontale. Or al primo movimento essendo dovuta la formazione dell'onda e sua propagazione; laddove al secondo il trasporto di tutta intera la massa liquida; è evidentissimo potere ben avvenire che la velocità dell'onda sia assai maggiore della velocità del moto di trasporto di tutta intera la massa liquida. Onde non regge la obiezione, di non potere questo moto aver luogo, perchè talora la propagazione delle onde è velocissima. E parmi che con esempii ovviissimi non è difficile rendersi conto di due moti contemporanei diversi; l'uno assai veloce, l'altro lento.

29. Si consideri un battello a vapore che per uno stagno

tranquillo cammina per ruote a pale, ed il girare delle ruote sue.

Più rapidamente girano le ruote, più rapidamente ciascun loro punto genera una cicloide. Abbiasi il movimento di ciascuno di questi punti, come il movimento orbicolare di ciascuna molecola liquida. Ed ecco che le cicloidi generate rappresenteranno le onde. Ma per la maggiore o minore rapidità del girare delle ruote si ha più o meno rapida generazione delle cicloidi. Dunque pel rapidissimo girar delle ruote si avrà velocissima propagazione delle onde. Ma non perchè rapidamente girano le ruote del battello, vuol dire che rapidissimo sarà il suo cammino; perciocché non procede di tanto, per quanto si sviluppa la ruota girando. Il suo cammino dipende non solo dal cammino dei punti delle pale delle ruote, li quali genererebbero le onde; ma sì ancora dal peso del battello e dalle resistenze da vincere.

Dunque l'onda generata dai punti di una ruota che gira può esserlo rapidissimamente, e non pertanto essi punti possono lentamente avanzarsi.

30. Se si fa una semitonata sul pianoforte, gli smorzi generano un'onda: e tanto più veloce il sarà, per quanto più sarà fatta veloce la semitonata: eppure la massa intera, cioè tutti gli smorzi, non acquistano niun moto orizzontale progressivo. Ma se per una qualunque siasi causa il pianoforte col suonatore camminano, ovvero fossero orizzontalmente trasportati, come sarebbe se stessero nella sala di un battello che andasse lentamente per su un lago in calma, in tal caso tutti gli smorzi avranno un moto lento di trasporto mentre è fatta la rapida semitonata, che velocissimamente genera l'onda: appunto così come le molecole liquide pel moto verticale di va e vieni, secondo la scuola del Bremontier, mentre generano una rapida propagazione di onda, potrebbero acquistare un lento moto di trasporto per una veemente forza di vento.

31. Per i fatti riportati e spiegati dal Cialdi; per li ragionamenti precedenti, e per li fenomeni spiegatine; parmi non potersi non ammettere la possibilità di un moto orizzontale progressivo di trasporto nella massa liquida componente le onde, e la sua realtà in molti casi; e specialmente nelle spiagge

sottili, anche a più miglia lontane dalla riva: l'influenza sua sul fondo di cotali spiagge: l' esservi una forza verticale che può comunicarsi sino al fondo, quando sulla superficie agiscono venti gagliardi inclinati all'orizzonte: e che i venti stessi possono disturbare il moto della intera massa alla superficie delle onde, quando queste si aguzzano e si frangono; onde poi le acque cadendone vanno a disturbare il movimento progressivo non solo, ma anche quello ondulatorio; e però possono essere cagione di azioni oblique e di rilievo sul fondo stesso delle dette spiagge... (Tolto dagli *Annali delle opere pubbliche e dell'Architettura* compilati a cura di Giov. Rossi, N. de Rosa e L. Carrieri, Anno VII, Napoli 1857, pag. 233-240).

Nota bene. Fin qui il professor Rossi tratta dell' essenza del moto delle onde; ora entra a parlare del trovato Rivera e dei suoi effetti, non che della corrente littorale. Siccome egli è venuto nel mio avviso, ed io ho avuto occasione più volte di riferire, in questo mio libro, i brani più salienti che esistono nel lavoro del Rossi intorno a quel trovato e a quella corrente (v. num. 156, 1380, 1517, 1522, 1523, 1528, 1531 e 1568); così credo adesso di astenermi dal farne la riproduzione.

Ora segue la mia lettera di schiarimento avvertita nella nota *d* (pag. 576) pubblicata nei citati *Annali delle opere pubbliche*, Anno VII, 1857 pag. 261 e seg.

Sul moto ondoso del mare e sopra un articolo del prof. V. A. Rossi.

LETTERA DEL COMMENDATORE A. CIALDI ALL'INGEGNERE N. DE ROSA

Roma 31 dicembre 1857.

Sig. Ingegnere Prestantissimo

. . . . . .

Il chiarissimo prof. V. A. Rossi, nel n.° 2 crede che io ammetta nelle tempeste un moto di trasporto al di là de' limiti

che io non trapasso, e suppone che io abbia detto comunicarsi quel moto in *tutta l' altezza della massa fluida soggetta all'ondulazione ovunque si trovi*. Io però mi fo lecito di osservare non essere stata precisamente questa la mia intenzione; giacché, esternando io in genere, nella *Introduzione*, il mio modo di vedere in proposito, dico che esso moto si *comunica a tutta la massa che costituisce il flutto*, limitatamente, *quando essa non può liberamente svilupparsi* (§. 8., Anno V. p. 291); e nella *Conclusione*, tornando sul medesimo argomento, dico in ispecie che negli stessi casi di tempesta, il moto in discorso è *solamente nella parte superiore de' marosi, e si comunica soltanto a tutta la massa fluttuante quando lo sviluppamento inferiore del maroso trova inciampo* (An. V. pag. 337). Dunque, o bene o male che io abbia veduto, è certo che ho sempre inteso di dividere l' onda vessata da forte vento ed in alto mare in due moti ed in due parti distinte: in due moti, cioè di propagazione oscillatoria e di reale trasporto di massa liquida; in due parti, cioè superiore ed inferiore. Nella superiore verificarsi insieme col moto di propagazione quello di trasporto, nella inferiore il primo moto soltanto, ossia di vibrazione.

Dai fatti mi sono convinto che i marosi nell'alto Oceano possono svilupparsi a 200 e più metri di profondità (An. V. pag. 315, colonna 1ª; e 316 colonna 2ª), ritenendo però che a tanta profondità non giungano se non per l' impulso della vibrazione; ma non ho stabilito, neppur per i casi più comuni, a quale distanza dalla superficie del mare, cioè a quanti metri di sotto di essa, si estenda il sensibile moto di trasporto. Io sono perfettamente d'accordo col professor Rossi che la profondità, sin dove si comunica moto di trasporto, debba essere di più o meno metri in ragione della forza del vento e della sua inclinazione all'orizzonte, e questa idea si trova manifestata da me in più punti della mia scrittura (p. e. §. 9 e 10, An. V. pag. 292, §. 11 pag. 293, ecc.); ma non dico che tutta la massa fluida soggetta all'ondulazione ovunque si trovi cammini con moto di trasporto, temendo di avere soverchia massa in movimento, e forse più effetto che causa. Pertanto mi piace assai che il nostro professor Rossi pel primo abbia aderito al mio proposito rivolgendo la vasta sua scienza analitica a sottoporre

al calcolo questo complicato fenomeno, per risolverne in pratica gli svariati casi, e principalmente per sapere a qual profondità si può comunicare il moto di trasporto; ed io farò tesoro della sua dottrina nella seconda edizione de'miei *Cenni sul moto ondoso*, che darò al pubblico appena avrò fatto lo spoglio di nuove opere e più specialmente di altre relazioni di viaggi di mare, che ho acquistate nella recentissima corsa da me fatta in Francia, in Inghilterra e nell'alta Italia. Ma è d' avvertire che la profondità a cui il Rossi vuole che si comunichi il moto progressivo in massa, per me si trova al limite inferiore dello strato, ove la forza del vento direttamente ed efficacemente penetra, e non già al limite ultimo della massa oscillante, ove a me sembra che il Rossi faccia giungere il ripetuto moto di massa, qualunque sia la profondità del mare (n. 3, pag. 578 di questo volume, e n. 8, pag. 581). Imperciocchè io non ho cognizioni bastanti per convincermi che il vento abbia forza di penetrare o di agire in modo da spingere in avanti una colonna o massa di acqua dell' altezza di ben oltre 200 metri, dove sappiamo, come ho detto, che giunge il piede dell' onda nel profondo e vasto Oceano.

Dunque, o io non ho saputo ben comprendere la teorica del Rossi, o noi su questo punto non siamo del medesimo avviso. Che se realmente il moto di notabile trasporto giungesse fino all' ultimo limite della massa oscillante in mare libero e profondissimo, il professor Rossi farebbe fare alla scienza un passo che io gli invidio, ma che non potrei mai coscienziosamente attribuire a me stesso.

L' ossequiato Professore dice pure al numero 2 (pag. 577), che io *non ammetto* PUNTO *in alto mare* moto di trasporto nei *casi di venti moderati*. Io non trovo di aver usato mai una voce così assoluta; ma invece mi sono servito di voci, il cui valore non esclude la possibilità dell'esistenza di un piccolissimo moto. Difatti in questi casi io ho creduto e credo che non esista *moto sensibile di trasporto* (§. 14 e 15, An. V. pag. 298 e 299); cioè moto *notabile* dai naviganti pei quali ho dettata questa parte della mia scrittura; e perciò nella *Conclusione* mi sono espresso in questi termini: « Nei casi in cui il vento non ha velocità maggiore di 7 a 8 metri per secondo, *può ritenersi*

aver le onde unicamente moto apparente in alto mare » (An. V pag. 337).

Nelle generiche voci adunque da me usate per indicare il valore del trasporto, cioè quando dico *sensibile moto* o *moto notabile*, ho inteso parlare di una tal quantità di moto cagionato dal fluttocorrente da potersi distinguere dalle altre cause che imprimono movimento ad una nave, e tale da tenersi a calcolo dai naviganti; così, nei casi negativi, cioè di *non sensibile moto*, non intendo di escludere ogni moto possibile, ma solo quello che non può essere notato o sentito dai marini più istruiti e i più forniti di eccellenti istrumenti (*e*).

A me poi pare che per questi casi debbano intendersi quelli di forza espressi dalla (III) del ripetuto professore, e perciò non lasciare il dubbio che egli vi ha scorto, il quale lo ha condotto a conchiudere che *per questa parte potrebbe non assolutamente reggere la mia opinione*; ma anzi a me sembra che mirabilmente ci si possa accordare. Così non ho saputo rinvenire nella mia scrittura a quali fatti intenda alludere il nostro professore nel suo numero 17 (pag. 586) che a lui *sembrano contradittori* con quel che io dico nei casi di vento moderato ed in *alto mare*, cioè ove l'onda non trova ostacoli o inciampi. . .

Nota bene. Qui passo a parlare della corrente littorale, a fine di dare alcuni schiarimenti anche da questo lato al lavoro del Rossi; ma siccome ho troncato in questa Appendice (N.° 3 p. 594) la parte del suddetto lavoro del prefato professore che si riferisce alla corrente suddetta e ne ho data la ragione; così qui pure per lo stesso motivo lascio di riprodurre ciò che concerne la corrente littorale medesima.

Avverto poi che in questo brano di lettera, da me diretta al de Rosa, quelle citazioni, le quali appellano all'Anno V degli *Annali delle opere pubbliche* ec., che si stampavano in Napoli, si riferiscono ai miei *Cenni sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso*, perché appunto in quegli Annali istessi ove fu pubblicata la Memoria del Rossi, all'anno V, era stata già fatta ristampa della prima edizione degli stessi miei *Cenni*.

(*e*) Questo e l'antecedente capoverso (pubblicati nel 1857) servono di schiarimento al passo del de Tessan, indicato nella nota *b* pag. 562 di questo volume.

N.° 4.

1859-1861

Il chiarissimo professor Maurizio cav. Brighenti pubblicava una pensata e forbita Memoria *sulla corrente littorale dell'Adriatico* ove mi faceva l'onore di dire: « *Il commendator Cialdi, capitano di mare, ha raccolte ultimamente con indefessa e benemerita diligenza, le opinioni di molti e molti scrittori, i quali sia ex professo, sia per incidenza hanno trattata o toccata questa difficile materia* (del moto ondoso). *Ma non ne cavi concetto che ti assicuri.* »

Ed è, all' incirca così, se si ristringe il giudizio del Brighenti al concetto delle diverse scuole comprese nella *Introduzione* della prima edizione del libro mio, o nel Capitolo primo della presente edizione. Ma sul rimanente quel suo primo giudizio se apparentemente si riflette, in sostanza non vi penetra; poiché ben egli ha saputo cavarne concetto che assicura, e basta leggere la Scrittura mia del 1856 e quella sua del 1859 per convincersi che i fenomeni del moto oscillatorio da lui trattati si basano sui principali fatti da me registrati, e sulle spiegazioni da me dettate.

Per esempio, nella Memoria di lui, il mio moto di notabile trasporto in massa nelle onde in caso di forte vento, che è il mio fluttocorrente alla superficie del mare *nella direzione dell' impulso riccvuto*, si ammette chiaramente: come pure vi si scorge descritto a similitudine mia il fenomeno che accade quando per l'urto dato dall'onda nel sottoposto ostacolo, il fluttocorrente si comunica a tutta la massa oscillante, ossia *lungo la verticale fino al fondo, se la rottura della continuità seguita fino al fondo*: così anche il fenomeno risultante dai primi due, cioè il mio fluttocorrente del fondo, egli lo spiega quasi colle mie stesse parole. « *I flutti del fondo*, egli dice, *a me sembran dovuti alla conversione delle oscillazioni in percosse, le quali cagionano la rottura della continuità impetuosamente sul fondo, e ai lati, e generano urti fortissimi sui materiali che vi sono, e li mescolano colle acque.* Il che mostra chiaro

l'esistenza *di correnti progressive o intermittenti a traverso gli ondeggiamenti del mare* »; correnti, la cui causa era stata da me dimostrata e sostenuta, e delle quali egli per lo passato aveva indicati gli effetti osservati lungo i lidi, ma non aveva prima di me resa ragione né indicata la loro sorgente.

Quindi il Brighenti ed io possiamo oggi dirci d'accordo intorno all'essenza dei fenomeni del moto ondoso, ma sviluppati alla superficie e presso il lido soltanto. Egli prima di me attacca il sistema del Montanari (1378): dopo di me magistralmente confuta il Paleocapa sostenitore di quello, ed in ciò i suoi fatti e gli argomenti suoi sono, si può dire, identici ai miei.

Tuttavia, con dispiacere ho dovuto notare nell'ultima pubblicazione di lui, 1861, sullo stesso soggetto *di seguito alla Memoria del Comm. Paleocapa*, che egli, il Brighenti, dopo aver taciuto fino all'indicato anno a qual profondità si comunica il moto dell' onde, cognizione indispensabile per difendere le opere idrauliche e per prevedere gl' interrimenti, si pronuncia contro l'evidenza col dire:

« *Quando si arriva ai fondi alti oltre otto metri, le agitazioni del mare non bastano a sconvolgere il fondo ancorchè sabbioso*.... (146). » Asserzione contraria ai fatti ed alle dimostrazioni da me pubblicate ed a lui ben note.

Egli, in vero, soltanto asserisce questa idea, tutta nuova in lui, e non l'appoggia con fatti, né la sostiene con argomenti; mentre, essendo oggetto importantissimo e di esperienza, doveva appuntellarsi co' fatti per non avere, come è in realtà, contrarie la verità e la ragione, le quali la dimostrano né giusta né ammessibile (dal 522 al 785, dal 852 al 1022).

N.° 5.

(1860)

A carte 537 ho detto aver io, dopo la prima edizione di questo libro, guadagnato l' assentimento di taluni chiari ingegni; e di uno non meno chiaro *onorevole controversia*. Quest'uno è l'illustre professor Paleocapa, nome caro alla scienza in Italia e fuori, ed a me carissimo.

« *Io penso*, dice il Paleocapa, *che la corrente litorale sia la vera e principal cagione del protendimento delle spiaggie di sabbia e di limo, e della ostruzione dei porti: e riguardo come causa secondaria l'azione delle lame di fondo; tanto più che essa si esercita su quelle sabbie stesse e su quel limo, che la corrente litorale medesima ha disteso sulle spiaggie sottili subacquee. Il Cialdi invece attribuisce il fenomeno alla potente azione dei moti ondosi del mare, senza però disconoscere che qualche parte possa avervi eziandio la corrente suddetta. Tale parmi in sostanza l'opinione del Cialdi* » ; e tale è per l'appunto la mia persuasione ed il convincimento mio, soggiungerò io, in tutto il rigore di verità.

Con quell'abilità che tanto lo distingue, e con quella chiarezza di locuzione che rende ammirabile ogni suo scritto, sviluppava questa sua fondamentale proposizione , formulandone un aureo articolo , in confutazione alla dottrina degli interrimenti da me sostenuta e lo intitolava *Sulla corrente litorale dell'Adriatico.*

Onorato dalla critica autorevole del Paleocapa, raccolsi insieme tutti i materiali che avevo a mia disposizione; ne compilai una scrittura sotto il titolo : *Sintesi di fatti per dimostrare come il moto ondoso del mare anziché la corrente littorale è la cagione precipua del protendimento delle spiagge e della ostruzione dei porti* (Roma tipografia delle belle arti 1860); e confermai in modo particolarizzato quanto io avevo detto nel 1856.

Ripetei e ripeto il sentimento di stima e riverenza all'alto e dotto personaggio, e al tempo stesso ripeterò ancora la notissima sentenza: *Amicus Plato, amicus Cicero ; sed magis amica veritas.*

Allora restai convinto che il citato mio lavoro avrebbe in ogni punto chiarita la questione e risolutala a favor mio ; e niuno che io sappia lo ha fin qui attaccato. Anzi ricevette appoggio il mio assunto dalla erudita *Relazione* di esso lavoro, fatta alla Reale Accademia dei Georgofili dal chiarissimo ingegnere Felice Francolini e dalla lucida confutazione fatta dal Brighenti direttamente allo stesso Paleocapa. Oggi poi, dai nuovi fatti e dai nuovi argomenti raccolti nel presente libro, specialmente nel Capitolo quinto, mi sento confermato nel primo giudizio e vedo ribadito quel mio primo convincimento.

Chi amasse conoscere per filo l' articolo del Paleocapa e la scrittura mia, troverà il primo nelle Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti. Vol. VIII, II della serie II. Milano 1860 pag. 131 e seg., o nel *Bullettino dell'Istmo di Suez* stampato in Torino (Volume V 1860 pag. 413 e seg.); e la seconda potrà trovarla presso l' indicata tipografia o potrà leggerla nel *Giornale dell'Ingegnere-Architetto* stampato in Milano (Anno IX 1861, pag. 88 e seg.).

N.° 6.

HYDRAULIQUE. — *Expériences sur la génération des ondes liquides dites* courantes; *par M.* DE CALIGNY.

(Renvoi à l'examen de la Section de Mécanique.)

1861 (*a*)

« Un savant officier de marine, M. Cialdi, a présenté à l'Académie des Sciences, le 30 mars 1857 (*voir* les *Comptes rendus* p. 669), un ouvrage intitulé *Cenni sul moto ondoso del mare e sulle correnti di esso*, in-4°, Rome, 1856, où il parle d'une manière très-bienveillante de mes expériences sur les ondes, publiées dans les *Comptes rendus* de cette Académie et dans le *Journal de Mathématiques* de M. Liouville. Mais une critique qu' il a cru devoir faire sur un point particulier m'a fait apercévoir qu' il y avait dans le phénomène des ondes courantes une cause de malentendu assez curieux, et pouvant précisément servir à éclaircir le mode de formation de ces ondes par le mouvement oscillatoire d' un corps solide dans le plan vertical. Il est d'ailleurs à remarquer que les expériences objet

(*a*) Coerentemente a quanto dissi nei miei num. 30, 36 e 101, con piacere pongo ora i documenti promessi, dettati dal chiarissimo Anatolio-Francesco Hüe marchese di Caligny: due pubblicati da lui in seguito alla prima edizione del mio libro *Sul moto ondoso* stampato nel 1856, e tre inediti ancora da lui favoritimi per qui pubblicarli. A. C.

de cette Note ne sont en rien contraires aux principaux faits sur lesquels s' appuie M. Cialdi, et que ces faits observés en mer se trouvent, selon moi, heureusement coordonnés avec mes expériences dans un canal factice. J' ai d' ailleurs fait en mer des observations sur le mouvement orbitaire à la surface des flots.

» On sait qu'une des difficultés qui se présentent dans ce genre d'expériences consiste, non-seulement à se procurer un canal factice d' une grande longueur, mais à éviter le retour en arrière de séries d' ondes qui détruisent bientôt des traces de phénomènes laissées par leur prémier passage. Aussi dans le canal factice dont je m'étais servi en 1842 et 1843, chez M. E. Bourdon, sur la demande de M. le général Poncelet, je n' avais pu observer que quelques centimètres de recul des grains de raisin posés au fond du canal, après le passage de plusieurs ondes.

» Dans le canal beaucoup plus long dont je me suis servi à Versailles en 1858, une partie seulement était à peu près horizontale. L'extrémité opposée à celle où un mouvement de va-et-vient vertical engendrait les ondes dites courantes, se relevait en pente assez douce pour que les ondes finissent par s'amortir tout naturellement sans un retour sensible en arrière.

» Il est résulté de cette disposition que j'ai pu produire, sans m'arrêter, plusieurs centaines d'ondes courantes ; de sorte que les déplacements des grains de raisin sur le fond du canal ont été de plusieurs mètres en arrière après le passage des ondes, quand on ne les avait pas posés d' abord trop loin de l'endroit où le mouvement de va-et-vient du corps solide engendrait ces ondes. Ces déplacements diminuaient de plus en plus à mesure que ces grains de raisin étaient posés d' abord plus loin de cette origine du mouvement ; et enfin quand ils étaient mis trop loin, ces déplacements étaient insensibles, sauf le mouvement de va-et-vient au passage de chaque onde, mais qui remettait alors le corps roulant sensiblement à la place même où il avait été primitivement déposé.

» Quand on observait les déplacements des petits corps flottants à la surface, il y avait, dans les mêmes circonstances, des déplacements en sens contraire des précédents, c'est-à-dire

que les déplacements alors en avant, qui étaient aussi de plusieurs mètres, quand on ne posait pas ces flotteurs trop loin de l'origine du mouvement, étaient beaucoup moindres quand on les observait à partir de plus grandes distances de cette même origine ; de sorte qu' au delà de certaines distances ils devenaient insensibles. Toutes ces observations étaient faites en temps calme.

» Ces déplacements à la surface sont plus faciles à observer rigoureusement que ceux du fond, à cause du frottement quelconque des corps roulants. Mais on peut remarquer qu' ils compensent en quelque sorte ces derniers, puisqu'à une certaine distance ils sont les uns et les autres insensibles, ce qui ne pourrait être s' il se faisait réellement un transport notable de la première partie du canal à celle où l'on n'observe plus de déplacement sensible, ni au fond, ni à la surface, où les brins d'herbe restaient à la place qui les avait reçus avant l'ondulation.

» Les déplacements de ces brins d'herbe diminuent, comme je l'ai dit, assez rapidement, d'abord selon une loi qui ne paraît pas différer beaucoup d' une progression géométrique décroissante. Ils diminuent ensuite moins rapidement ; mais étant déjà beaucoup moindres, ils deviennent plus difficiles à observer. Ces effets d'avancement à la surface et du recul au fond se présentant avec d'autant plus d' intensité qu' ils sont observés plus près de l' origine du mouvement, ne pourraient-ils pas servir à expliquer pourquoi, dans les expériences des frères Weber, dont le canal était très-court, le grand axe des *orbites* des ondes courantes était horizontal, au lieu d' être vertical comme dans les expériences que j'ai publiées en 1842, et comme dans les observations faites en mer par feu M. Aimé, qui ne les avait d'ailleurs présentées qu' avec réserve, avant que les miennes les eussent confirmées.

» Voici maintenant le point de vue pratique relatif à l' ouvrage de M. Cialdi. Ce dernier prétend que le transport réel dans les ondes courantes est insensible quand le vent n'est pas assez fort, mais qu' il n'en est pas ainsi, à beaucoup près, quand la force du vent dépasse certaines limites ; il convient qu' alors une cause capable d' engendrer les ondes agissant

encore , occasionne des phénomènes de transport réel, dont il donne divers exemples dans son ouvrage. Or ces derniers ne sont pas en désaccord avec ce que j' ai trouvé sur le mode d' influence des causes qui engendrent les ondes courantes , quand celles-ci ne sont pas encore trop éloignées de leur origine, ce qui s' applique sans doute à la cause qui continue à agir sur elles tant qu' on ne peut pas encore les considérer comme étant, à proprement parler, abandonnées à elles-mêmes. Seulement, M. Cialdi ne me paraît pas avoir réuni d'observations relatives au mode de recul dont j'ai parlé ci-dessus, mais dont on ne comprenait pas encore bien la conséquence , sans doute parce que je n' avais pas suffisamment expliqué qu' il s'agissait d'un phénomène de la *formation* des ondes courantes. J' espère avoir occasion de développer ces expériencês ; mais je n' ai pas cru pouvoir attendre plus long-temps avant de répondre d'une manière succincte à ce que M. Cialdi a écrit sur ce sujet, p. 670 de son article imprimé dans le *Comptes rendus*. (Nota tolta dai *Comptes rendus de l'Académie des sciences* ; Paris n. 25 (24 juin 1861) tom. LII pag. 1309 e seg.).

N.° 6 A

HYDRAULIQUE. — *Observations nouvelles sur les courbes suivies par le molécules des vagues de la mer, et sur des phénomènes du mouvement des ondes dans les canaux , qui se rapportent à ceux du mouvement de la mer dans les rades; par M. A.* DE CALIGNY.

(Commissaires, MM. Poncelet, Piobert, Combes.)

1864

« J'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences, en 1843, des expériences ayant pour but de concilier les hypothèses sur le mouvement intérieur des flots, dans des courbes ouvertes et dans des courbes fermées. (*Voir* les *Comptes rendus de l' Académie des Sciences* t. XVI , p. 381 à 387).

Depuis cette époque, j'ai profité des occasions qui se sont présentées pour étudier de nouveau la question sur les rivages des côtes de Normandie, déjà en 1851, dans une traversée en bateau à vapeur de Caen au Havre. Je n' étais pas précisément en pleine mer, puisqu'on ne perdit pas de vue les côtes mais, à cette distance, la marche du navire étant perpendiculaire à la direction apparente des flots, les observations offraient à certains égards plus d' intérêt qu'au rivage même. Or, je remarquai bien distinctement, comme j'avais déjà remarqué en 1848, à 2 kilomètres environ en aval de Mantes, sur une partie de la Seine très-bien disposée pour faire ces observations, que le mouvement de l' écume était bien un mouvement de va-et-vient à la surface des flots, ce qui semblait favorable à l'hypothèse du mouvement dit *orbitaire* dans les régions supérieures.

» En 1861, j'ai fait sur ce subjet des observations beaucoup plus nombreuses à Fécamp. Lorsque, d'une certaine hauteur, j'examinais dans le lontain le mouvement général de la mer, l' écume des flots disparaissait après avoir parcouru un trajet qui, évidemment, dépendait de la force du vent. Ce phénomène est très-utile, comme on va voir, pour ce genre d'observations. Quelque fort que soit le vent, lorsque la distance n' est pas assez grande pour empêcher de bien distinguer ce qui se passe dans le champ d'une lunette, on voit l'écume, à l'époque où elle disparaît à l'oeil nu, recouvrir la surface des flots, en cessant de donner prise au vent plus que l'eau elle-même dont elle offre l' avantage de changer la couleur. Il est alors très-facile de voir le mouvement de va-et-vient qui se fait à la surface de l' eau, malgré le vent et malgré le mouvement de progression quelconque, pouvant provenir notamment d'une espèce de coup de bélier des flots contre le plan incliné du rivage. Il résulte de ces observations, d' ailleurs faciles à varier, que, du moins à l'approche des rivages, il est absolument impossible d'admettre exclusivement l' ancienne théorie, dite du siphonement des flots. Elle est incompatible avec le mouvement de recul de l'écume à la surface de l'eau, même quand cette écume fait ainsi partie intégrante de cette surface. Je dois dire que, dans mes nombreuses observations à Fécamp, ce mouvement de recul n' a jamais été aussi fort à beaucoup

près que le mouvement de progression vers le rivage. De sorte qu' à la surface de l'eau les trajectoires, au lieu d'être des courbes fermées, ont bien plutôt de l' analogie avec l' axe d' une cordè formant ce que Hachette désigne, dans son *Traité des machines*, sous le nom de *noeud de l'artificier*. C'est, au reste, en pleine mer, et surtout aux époques où, sans qu' il y ait un vent bien sensible (ce que je n'ai eu occasion d'observer qu'une seule fois du rivage), la mer est agitée seulement par suite de la propagation de mouvements très–lointains, que la question doit être approfondie. Je crois intéressant de signaler ce sujet d'observations dans les voyages de long cours. (220).

» Il paraît résulter d'expériences de M. Russell, que, dans certaines circonstances, le mouvement orbitaire existe jusqu'aux limites inférieures du mouvement de l' eau. On ne doit donc accueillir qu'avec réserve, pour la pleine mer, les observations qui se réunissent aux anciennes pour établir un mouvement de va-et-vient sur le fond des rades, ou, en général, des nappes d'eau qui ne sont pas trop profondes, quoiqu' un mouvement orbitaire puisse exister dans les régions supérieures, comme je l'ai observé dans un canal factice en 1842, et qu' il puisse exister aussi dans les régions supérieures des mouvements analogues à ceux que j'ai observés à Fécamp.

» Je dois ajouter, quant aux vitesses des ondes dites *courantes*, qu'en 1858 j' ai varié, sur un canal factice beaucoup plus long qu'en 1842, mes expériences sur ces ondes, comme on peut le voir dans les *Comptes rendus de l' Académie des Sciences*, t. LII, p. 1309 à 1311 (*a*), où j'ai omis de dire que j'étais parvenu, à force de patience, à leur donner sensiblement la même hauteur qu'à une onde *solitaire* que je produisais après leur passage. Or, j'avais disposé à des distances égales, de 4 mètres en 4 mètres, un nombre de points de repère suffisants pour remarquer d'une manière bien positive que l'onde solitaire restait sensiblement à une même distance des ondes courantes qui avaient été produites par un mouvement

(*a*) Questa citazione corrisponde dalla pag. 601 a 604 del presente volume. A. C.

de va-et-vient vertical. Il est essentiel de faire cette observation, parce que les ondes dites *solitaires*, quand on s'empresse de les produire par un mouvement horizontal dans un canal factice, sont souvent plus fortes qu'on ne le veut ; de sorte que leur vitesse dépendant, comme on sait, de leur hauteur, on est alors porté à croire qu'elles vont en général plus vite que les ondes courantes.

» En 1859, un bateau de 6 mètres de long, et dont la plus grande largeur était de $1\frac{1}{2}$ mètre, ayant été disposé perpendiculairement à l'axe d'un canal dont la largeur au fond était de $9^m,80$, la largeur à la ligne d'eau de $12^m,20$, la profondeur de l'eau étant da 1 mètre, je donnais un mouvement régulier d'oscillation à ce bateau, en m'appuyant alternativement de chaque côté, et je comptais le temps écoulé depuis la première oscillation jusqu'à l'arrivée des ondes à un pont qui bornait la vue à l'autre extrémité du canal, dont la longueur était de $81^m,60$ jusqu'à ce pont. Ce genre d'observations n'étant pas aussi rigoureux que le précédent, je me bornerai pour le moment à dire que je n'ai pas remarqué de différence sensible entre la vitesse de ces ondes et celle qu'aurait dû avoir dans le même canal une onde solitaire de la même hauteur que ces ondes.

» Tout ce qui précède se rapporte seulement aux ondes dont le mouvement pénètre d'une manière convenable jusqu'au fond de l'eau. Je crois être le premier qui ai publié des expériences d'où il résulte que la vitesse des ondes solitaires dépend, dans un même canal, de la profondeur à laquelle se propage le mouvement de l'eau. (*Voir* dans le journal *l'Institut* l'extrait du procès-verbal de la Société Philomathique de Paris, du 25 mars 1843, et dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* l'extrait d'un Mémoire que j'ai présenté sur le mode de formation de l'onde solitaire, en 1844, deuxième semestre, t. XIX ; *voir* aussi le Résumé de mes recherches sur une branche nouvelle de l'hydraulique, dans le Technologiste de 1850, et mon Mémoire précité, publié dans le tome XIII du *Journal de Mathématiques* de M. Liouville.) M. Cialdi a remarqué cette idée, appuyée sur des expériences très-faciles à reproduire (*voir* son ouvrage intitulé *Cenni sul moto ondoso del mare*, p. 4, 5,

22, 34, 35, 37, 45, 53 (*b*), 109, 111, où il parle souvent de ce Mémoire.) Il est certain que l'on ne voyait aucun moyen, avant mes expériences précitées, de concilier les expériences de M. Scott Russell avec celles de M. le général Morin, sur la vitesse de l'onde qui continue à marcher après l'arrêt d'un bateau dont le mouvement l'a produite.

» M. le général Poncelet a exprimé on ne peut plus clairement, dans le n.° 397 de son *Introduction à la Mécanique industrielle*, l'état où étaient les idées sur ce sujet, quand je m'occupai de cette question, ainsi qu' il me fit l' honneur de m' y inviter lui-même. Vingt ans se sont écoulés depuis que j'ai publié un système complet d' expériences sur le mode de formation de l' onde solitaire par le mouvement horizontal de cylindres en partie plongés soit jusqu'au fond de l'eau, soit à des profondeurs diverses. Je suis heureux de lire, dans un des derniers *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, p. 303, dans un Rapport à l' Institut, signé par le savant général, une explication des propriétés particulières qui caractérisent cette onde solitaire, reposant précisément sur la profondeur à laquelle son mouvement se propage. Dans ce Rapport du 10 août dernier, presque toute la Section de Mécanique honore de son approbation les bases que j' avais publiées comme *résultant immédiatement de faits très-faciles à reproduire*. S' il ne m'a pas été donné de disposer des mêmes moyens que les savants ingénieurs dont les travaux sont l' objet spécial de ce Rapport (35 e 36), voilà une nouvelle preuve de l'utilité pratique de mes recherches. (Nota copiata dai *Comptes rendus de l' Académie des Sciences*, Paris n.° 1 (4 janvier 1864) : t. LVIII pag. 59 e seg.)

(*b*) Queste citazioni corrispondono alle pag. 8, 9, 71, 332, 333, 335, 355, 536 della presente edizione; le altre cadono in appresso. A. C.

N.° 6 B

Note historique et critique sur la théorie des ondes par le Marquis ANATOLE DE CALIGNY.

1865

Monsieur le commandeur Cialdi, qui dans son ouvrage sur les ondes a traité avec un soin remarquable la partie historique, a bien voulu me demander quelques détails sur mes réclamations de priorité relativement à ce sujet. J' en profite pour lui soumettre quelques observations complément de mes notes précédentes. Le travail si interessant de M. Dyar inséré dans le N.° des *Annales de physique et de chimie* d'avril mil huitcent-quarante trois a été publié problablement à peu près en même temps que ma note du 25 mars de la même année insérée par la Société Philomathique de Paris dans le journal l'*Institut*. M. Dyar a été conduit (paragraphe VI.) par ses expériences à une conclusion qui ne peut être vraie que dans des cas particuliers résultant des dimensions relatives du corps qui a engendré les ondes, l'agitation s'étant produite à de beaucoup plus grandes profondeurs relativement à la hauteur des ondes dans mes expériences que l'Academie des Nuovi Lincei m' a fait l'honneur de publier (*a*).

J'ai d'ailleurs publié plusieurs mois avant lui ce qu' il annonce sur la pénétration des ondes qui s'élèvent au dessus du niveau de l' eau (bulletin de la Société Philomathique 1842, séance du 12 novembre et surtout du 10 décembre) mais en y joignant des développements et des explications qui ne sont pas dans la note de M. Dyar. Il parle de la réflexion des ondes à l' extrémité de son canal. Mais il n' a pas dit que cette réflexion pouvait servir à mesurer la vitesse d'une onde solitaire en faisant promener cette onde d'une extrémité à l'autre d'un canal.

Je crois être le premier qui ai fait cette dernière remarque, au moins dans ma note précitée de 1843 où je donne même un résultat d' expériences obtenu par ce moyen. C' est seulement l'année suivante 1844 que M. Russell a publié dans

(*a*) Atti dell' Accademia pontificia de' Nuovi Lincei, Sessione I del 4 dicembre 1864, tom. XVIII, pag. 33 e seg. A. C.

l'association Britannique un mémoire où il emploie ce moyen de mesurer la vitesse d'une onde solitaire en multipliant ainsi le chemin parcouru malgré les limites restreintes de la longueur du canal fermé à ses extrémités. Si j' apprenais que M. Russell eût publié cette idée avant cette époque, je m' empresserais de le reconnaître. Mais elle a acquis désormais une veritable importance historique, à cause des applications si connues d'une idée semblable à la mesure de la vitesse de la lumière. D'ailleurs dans une note du 23 juillet 1842 publiée par le journal l'*Institut*, j'avais déjà dit quelques mots sur la vitesse de l'onde solitaire se promenant d'une extrémité à l'autre du canal.

Dans une note publiée par les comptes rendus de l'Académie des sciences, 4 janvier 1864 (*b*), j'ai fait quelques observations sur une réclamation de priorité très-importante. Dans un rapport lu par M. Clapeyron le dix août précédent à cette Academie on lit page 303 du tome 57 des comptes rendus relativement à l' onde solitaire: « Cette onde parait devoir les » propriétés particulières qui la caractérisent à ce que le mou» vement qui la produit s' étend aux parties les plus profon» des du canal; lorsque l'agitation est seulement superficielle » la loi de la propagation est tout autre . . . » Le rapport montre ensuite comment, en vertu de cette loi, on peut concilier les expériences de M. Scott Russell et M. le général Morin. Or, on trouve dans les comptes rendus de la même Académie, année mil huitcent quarantequatre, tome XIX page 978 à 980, une note dans laquelle je donnais l'explication de ce phénomène, précisément d'après les mêmes principes. On y remarque notamment cette phrase, où après avoir dit que la vitesse de l'onde solitaire était fonction de la profondeur à laquelle j'enfonçais dans l'eau un cylindre vertical dont le mouvement horizontal produisait cette onde, je disais « . . il ré» sulte de mes expériences que l' onde solitaire et l' onde de » translation des petits corps flottants sont les deux limites d'une » série complète de phénomènes, qui concilie les hypothèses » des hydrauliciens sur cet important sujet ».

Il est intéressant de rappeler que j' avais déjà pris date pour ces expériences et cette explication dans ma note précitée

(*b*) Pag. 604 e 608 di questo volume. A. C.

1843 dans le journal l'*Institut*, et pages 45 à 49 des extraits de ce journal formant pour cette même année 1843 le bulletin de la Société Philomathique. Je craignis cependant que M. Clapeyron ne m'ayant pas cité n'eût trouvé cette idée de son côté. Je crus donc devoir lui écrire à ce sujet en lui rappelant que M. le commandeur Cialdi m' avait fait l' honneur de citer la loi dont il s' agit comme étant bien de moi. M. Clapeyron me répondit très-peu de temps avant sa mort, par une lettre que j' ai montrée à M. Elie de Beaumont, et dont je crois pouvoir donner l'extrait suivant comme une nouvelle preuve de la noble franchise du caractère de ce savant si justement regretté : « Mon cher Monsieur, j'avoue à ma honte que je n'ai » pas eu connaissance de vos mémoires sur les ondes, et j'ai » crû dans le passage dont vous me parlez n'avancer que des » faits depuis long-temps dans le domaine public. J' ai ajouté » ce passage à la demande de M. Morin, je me suis même » concerté avec lui sur les termes. Quant au rapport que vous » me demandez, j'ai à objecter que le mémoire est sans doute » bien ancien et qu' il a été sans doute renvoyé à une com- » mission dont je ne faisais pas partie, n' étant pas encore, » je crois, de l' Académie. Vous pourriez cependant si vous » voulez relever cet incident en faire l'objet d'une réclamation » adressée à l'Institut... » Cette lettre est du 1^e^. décembre 1863. La note publiée le 4 janvier suivant dans le comptes rendus avait été envoyée long-temps auparavant, pendant l'absence de M. Elie de Beaumont, de sorte que j' ignorais même si elle avait été reçue. M. Clapeyron étant mort dans le courant du même mois, je n'avais pas donné suite à cette réclamation. Je n'avais pas au reste, pour simplifier, fait remarquer à M. Clapeyron que, dans un mémoire sur les ondes publié en 1848 dans le journal de mathématique de M. Liouville, (où d'ailleurs la question précédente est traitée avec tous les détails nécessaires) page 91 à 110, tome XIII, j'avais remarqué page 106 la similitude des ondes solitaires et de celles qui ont été observées long-temps auparavant par Bidone comme résultant de l' abaissement momentané d' une vanne dans l' eau en mouvement d'un canal, similitude signalée aussi dans le même rapport lu par M. Clapeyron page 303, d'une manière, il est vrai, plus explicite.

Quant à l'objet essentiel de la lettre que je lui avais adressée, il rèsulte de sa réponse que personne n' en réclame la priorité et qu' il admettait d'une manière peut être encore plus positive ce qui ne paraissait encore présenté dans le rapport que sous forme d' hypothèse. Cette opinion d'un savant aussi remarquable ne peut que confirmer la mienne sur l'explication d'un ensemble de faits qu'on ne savait comment concilier.

Quant aux expériences que l' Académie des Nuovi Lincei m' a fait l' honneur de publier sur le rapport de M. le commandeur Cialdi, il est peut-être intéréssant d'ajouter que s' il n'a été observé aucun déplacement définitif après le passage des ondes à une grande distance de l'origine du mouvement, quoique le fond se relevât de ce côté par une pente, il est vrai très-douce, ce n' est pas une raison pour qu'on n'en eût pas observé si l' expérience avait duré beaucoup plus long-temps. Je veux dire qu' il n'est permis d'en tirer aucune conséquence contraire aux idées émises par M. Cialdi sur les causes de l'ensablement des ports après un temps considérable. D'ailleurs pour des pentes plus grandes j'ai mentionné des faits qui semblent à l'appui de ces idées.

Je dois aussi faire observer que plus mes expériences se multiplient, plus je pense qu' il faut avoir de réserve en comparant les vitesses des ondes *solitaires* à celles des ondes *courantes* dans un même canal. Dans mes observations les plus anciennes sur ce sujet, j' avais crû remarquer qu' à hauteur égale celles-ci allaient moins vîte que les autres. Cette différence ne s'étant pas représentée dans mes expériences sur un autre canal factice, en 1858, j' ai conçu des doutes sur les premières, faites au moyen d'une méthode moins rigoureuse, puisque je me contentais alors de lancer une onde solitaire après les ondes courantes qu'elle allait rejoindre. On peut craindre, dans ce cas, la possibilité d' une erreur dans la hauteur de cette onde comparée aux autres. Or dans mes expériences de l'année dernière que je rappelle, la vitesse des grandes ondes courantes produites par le mouvement d'un bateau dans un canal de beaucoup plus grandes dimensions paraît être moindre que la vitesse d'une onde solitaire de même hauteur, d'après ce qu' on connait de cette dernière vitesse dans des circostances semblables.

Il pourrait être intéressant de joindre à cette note la copie de celle qui a été présentée à la Société Philomathique le 25 mars 1843, et qui est aujourd'hui une véritable pièce historique, mais il est probable que la collection du journal l'*Institut* est à Rome à la disposition de M. le commandeur Cialdi (*c*).

Voici un *extrait* de la note précitée du 10 décembre 1842 publiée pas le journal l'*Institut*. Si elle est un peu ancienne il est au moins utile de copier *textuellement* pour éclaircir le point de vue historique. « Il n'est pas éxact de dire, comme » on le trouve dans les auteurs qui ont traité de cette matière, » que l'onde dite *solitaire* ait rigoureusement dans tous les » sens un mouvement de transport continu sans oscillation ré- » trograde, bien que cela soit généralement exact. Le phéno- » mène *de contre courant inférieur*, objet de cette note, paraît » dépendre de plusieures causes, et notamment du rapport de » l'élévation de l'onde à la profondeur de l'eau dans le canal. » Ainsi quand cette profondeur était de quinze centimètres et » que l'onde abandonnée à elle-même s'était abaissée après » avoir plusieures fois parcouru la longueur du canal, on ob- » servait très-distinctement un mouvement retrograde, beau- » coup plus faible, il est vrai, que le mouvement de progres- » sion, mais qui *marquait des périodes* le long du chemin par- » couru d'une extrémité à l'autre de ce canal. Ce fait qui » n'avait pas été remarqué, jette beaucoup de jour sur la con- » stitution de l'onde *solitaire*, et explique, entre autre chose, » la *perméabilité apparente* des ondes de cette éspèce, qui sans » cela eût été assez difficile à concevoir, comme on le disait » dans la dernière communication sur ce sujet. Mais si l'inertie » de l'eau suffit pour donner lieu à un contre courant dans » certaines ondes *solitaires*, il en sera ainsi, à plus forte rai- » son, lorsque ces ondes recontreront des ondes de la même » éspèce animées de vitesses directement opposée. Ces ondes » ne se traverseront donc pas comme elles semblent le faire, » mais la plus puissante se divisera en deux parties, dont l'une » retournant sur ses pas produit un effet analogue à celui de » l'onde la plus faible qui aurait traversé la première. Le mou- » vement retrograde périodiquement observé dans ce système

(*c*) Si veda appresso, p. 621, la citata nota del 25 marzo 1843. A. C.

» d' onde *solitaire*, est une des raisons pour lesquelles ces » ondes ne marchent pas, pour de très-petites hauteurs d'eau » dans ce canal, avec la vitesse indiquée par la loi empirique » trouvée en Angleterre pour de plus grandes hauteurs..... »

Je retrouve l'extrait que je viens de transcrire au moment de fermer ma lettre. Dans la note sur ma communication du 12 novembre 1842, on trouve des observations spéciales sur deux ondes solitaires *élevées* d' égale force qui se rencontrent en partant des extrémités opposées du canal et s' arrêtent un instant. C' est surtout dans ce cas qu' il est le plus facile de comprendre a priori, ainsi qu' on le voyait d' ailleurs au moyen de poussière répandue dans l'eau, que les ondes se réfléchissent au lieu de se traverser précisément comme elles semblent le faire au premier aperçu. J' ai dit dans ma communication du 12 novembre 1842 qu' on voit un instant de repos sur la crête commune quand les deux ondes opposées sont égales. Cela ne contredit pas ce que dit M. Dyar sur la manière dont le mouvement s' étend à l' intérieur au moment de la rencontre.

N.° 6 C

Supplément à la note historique du Marquis De Caligny

Au château de Sailly, ce 21 septembre 1865.

Monsieur le Commandeur Cialdi ayant bien voulu m'autoriser à donner quelques détails, je vais rappeler, le plus succintement possible, quelques résultats de mes recherches sur les ondes, après avoir revu avec plus de soin les plus anciennes notes que j'ai publiées sur ce sujet.

En mil huitcent quarante j' ai communiqué à la Société philomatique mes premières expériences relatives à ce sujet. Elles avaient pour objet un travail que j' ai développé depuis dans le journal de mathématiques de M. Liouville année 1843 T. VIII, p. 23. Ce mémoire est suivi d'une note de M. Combes, membre de l' Institut qui a eu l'obligeance d'en développer quelques résultats. Sa note peut être considérée comme une

sorte de rapport sur ce travail. Il résulte de ces premières recherches théoriques et expérimentales que si une colonne liquide oscille, soit dans un siphon renversé, soit dans un tube vertical, en partie plongé dans un réservoir, et disposé d'ailleurs de diverses manières, la moyenne des pressions sur un point donné de la paroi au dessous du niveau d'équilibre stable est diminuée par l'état d'oscillation, et a même occasionné de l'écoulement de dehors en dedans du systéme. J'ai crû pouvoir en conclure, d'après les développements donnés dans ce mémoire qu'il y a une nouvelle cause de courants temporaires des parties les plus calmes de la mer aux parties les plus agitées, ce qui est une première cause quelconque de transport réel dans les ondes dites *courantes*.

En 1841, je communiquai à la Société philomatique mes premières expériences sur les ondes *courantes*, dans un canal factice. Si j'annonçai d'une manière bien nette le mouvement oscillatoire sur le fond, je ne saisis que l'année suivante le mouvement *orbitaire* dans les régions supérieures qui en supposant même le mouvement oscillatoire en principe, devait d'ailleurs, selon moi, en être une conséquence qui ne s'opposait donc pas à l'application de l'idée générale sur les courants *temporaires* que je viens de rappeler.

Depuis cette époque M. Russell, en 1844, a dit avoir observé le mouvement orbitaire jusqu'à la limite inférieure du mouvement des ondes courantes. Il ne faudrait donc considérer les calculs exposés dans le mémoire précité qu'avec une certaine réserve, quant à leurs applications possibles à ces courants temporaires dont je crois cependant pouvoir maintenir, même dans cette hypothèse, le principe.

Ce que j'ai dit sur le recul des corps roulants posés au fond d'un canal factice n'a peut-être pas toujours été saisi d'une manière complète. C'est seulement lorsqu'ils étaient disposés au pied d'un parement vertical terminant chaque extremité de ce canal que le recul de ces corps roulants s'est trouvé sensiblement double quand il provenait du mouvement des ondes dites *solitaires* de ce qu'il était lorsqu'il provenait du mouvement des ondes dites *courantes* produites par le mouvement de va et vient vertical, de même hauteur que ces ondes solitaires.

Si ces corps roulants sont à une assez grande distance des extrémités, le mouvement de recul définitif n'a lieu que pour les ondes courantes, sauf ce que j'ai dit dans une de mes notes précitée, datée du 10 décembre 1842.

Dans les expériences que j'ai communiquées à la Société philomatique en 1838, et qui ont été d'ailleurs objet de notes publiées dans les *Comptes rendus* des séances de l'Academie des Sciences en 1861 et 1864, ainsi que d'une note publiée en 1865 par l'Academia dei *Nuovi Lincei*, j' ai montré, quelle était la véritable signification de ce recul, et dans quelles limites il se présentait. Cependant il peut être utile de rappeler que lorsqu' il s'est présenté dans ces conditions je l'ai observé même sur un ressaut brusque, parce que cela semblera peut-être, malgré les circonstances spéciales où le fait a été observé, contraire à la théorie des flots de fond telle que l'entendait M. le Colonel Emy, auteur d'un travail d'ailleurs fort intéressant sur les ondes, mais dans lequel on voit qu' il n'avait pas encore connaissance d'un phénomène de *l'onde solitaire* qu'on venait à peine de découvrir en Angleterre.

C'est surtout à partir de la séance de la Société philomatique du 23 juillet 1842, c' est-à-dire depuis environ vingt trois ans, que j' ai donné des idées plus précises sur le mouvement des ondes dans un canal. J' ai appris depuis que M. Aimé avait fait en mer sur les ondes courantes des observations qui l'avaient d'abord conduit à des conséquences semblables quant au double mouvement oscillatoire et orbitaire, sans le développer d'ailleurs comme je l'ai fait dans le mémoire sur les ondes que j'ai publié dans le journal de mathématiques de M. Liouville 1848, T. XIII, p. 91. J' ai montré pourquoi ces observations de M. Aimé n'étaient par suffissantes. Au reste, dans un mémoire que j' ai publiè dans la même journal, année 1850, T. XV p. 169, j' ai dit, dans une note à la 25^{me} page de ce dernier mémoire, que M. Airy avait publié en 1835 dans l'Encyclopedia metropolitana t. V. article *Tides and waves*, p. 344 et 345, une analyse de l' ouvrage allemand des frères Weber sur les ondes, où l'on voit que ces physiciens avaient observé avant que M. Aimé lui-même en eut parlé, l'onde à double mouvement oscillatoire et orbitaire, mais seulement pour

le cas où les sommets étaient beaucoup plus aigus que les creux. Le grand axe de l'orbite était horizontal, au lieu d'être vertical dans les régions supérieures, comme je l'ai observé, et comme M. Aimé l'avait annoncé. Ce dernier d'ailleurs parait avoir renoncé aux conclusions relatives à ce sujet, en retranchant dans son grand ouvrage sur l'Algérie même la réserve qu'il avait faite à ce sujet dans les annales de physique et de chimie.

Quant aux mouvements de recul au fond d'un canal, et de progression à la surface jusqu'à une certaine distance du point où un mouvement vertical de va-et-vient engendre les ondes courantes, personne n'en avait parlé. Lorsque ce mouvement de recul fut presenté à l'Academie des sciences en 1843, on remarqua que le célèbre Arago appela spécialement l'attention sur ce point entièrement nouveau, dont mes expériences de 1858 ont mieux fait voir depuis toute la portée. Il est d'ailleurs indispensable de prendre connaissance de mes mémoires, pour avoir une idée bien complète de ce que j'ai voulu dire sur des sujets aussi controversés. Il serait du moins à désirer que ma note du 25 mars 1843 précitée pût être reproduite à la fin de celle-ci (*d*), non seulement comme pièce historique, mais comme offrant un exemple de la manière de rendre, en quelque sorte, sensibles les raisons des phénomènes des ondes, notamment de celui dont on doit la première démonstration à Lagrange.

Les ondes *courantes*, occasionnées par le mouvement vertical alternatif d'un cylindre, ne sont pas tout-à-fait de la même nature que celles qui sont occasionnées par le vent même, si l'on suppose pour simplifier, que les observations soient faites seulement dans un canal de section rectangulaire dont l'axe soit dans la direction apparente de toutes les ondes. Le mouvement de va-et-vient du cylindre, s'il n'est pas toujours rigoureusement vertical, tend à engendrer aussi des ondes d'une autre éspèce que l'on appelle *solitaire*.

Ce sont des ondes de cette espèce qui, lorsqu'un ressaut à surface horizontale est disposé à une certaine distance de l'origine du mouvement, ont quelquefois balayé, je veux dire du moins repoussé en avant, des corps roulants répandus sur ce

(*d*) Si vegga la citata Nota a pag. 621. A. C.

ressaut. Mais quand il n' y arrivait que des ondes *courantes*, j' ai observé au contraire sur ce ressaut plus de recul que de progression dans ces corps roulants.

On conçoit que les ondes dites solitaires qui peuvent ainsi se trouver plus ou moins mêlées aux ondes courantes puissent faire courber en volutes les sommets de ces dernières, et faire tomber de l' eau dans les creux, de manière à être une cause de perte de force vive, c'est-à-dire de transformation de force vive en chaleur, selon les nouvelles théories; on conçoit aussi que ces déversements peuvent finir par *purger* en quelque sorte les ondes courantes de ces ondes secondaires; de sorte que le système peut, en définitive, n'avoir qu' un mouvement de translation réelle extrêmement faible. J' ai souvent observé un système d'ondes courantes, se promenant d'une extrémité à l' autre du canal rectangulaire dont les extrémités étaient des plans verticaux perpendiculaires à son axe. Dans ces circonstances je n'ai point observé, en général, de déplacement bien sensible à la surface après le passage des ondes. C'est même en 1858 que j' ai observé pour la première fois *à la surface* des déplacements considérables, mais seulement jusqu' à une certaine distance de l'origine, après le passage des ondes.

Quand on est à de très-grandes distances de cette origine, ce n'est point par observation, mais par une conclusion théorique que j'admets une progression *quelconque et réelle*, ne voyant pas pourquoi le système d'ondes se transporterait, en ne laissant derrière lui que des ondes incomparablement plus faibles, ou même une sorte de calme, si quelque chose ne se transportait pas avec lui. Je ne saurais d'ailleurs trop répéter que ce mouvement de transport réel me paraît, d'après ce que j' ai vu, devoir être extrêmement faible dans ces circonstances.

Il s'agit maintenant de tirer parti de ces faits pour se former une idée de la houle en mer, quand il n'y a plus de vent depuis un certain temps. Je ferai d'abord remarquer que, du moins dans les circonstances où j' ai pu faire des observations tant en mer que sur des fleuves ou de grandes pièces d'eau, il n'y a jamais de progression en avant à la surface, sans un mouvement de recul alternatif très-prononcé, *même contre la direction du vent*. Sans me permettre de nier qu' il y ait des

cas où le vent occasionne principalement des ondes positives, c'est-à-dire sans mouvement de recul sensible, quand il a cessé d'agir depuis un certain temps, je ne m'occuperai ici que de discuter ce que j'ai vu.

Faisons pour un moment abstraction du vent et du mouvement de progression réelle dont il est la cause tant qu'il dure, nous aurions une série d'ondes élevées et déprimées. Supposons que les exhaussements puissent être à un instant donné sensiblement égaux aux creux, puisque la surface de la mer était d'abord horizontale, et que les exhaussements ne se sont faits qu'aux dépens de ces creux, on conçoit qu'alors il pourrait se présenter en principe quelque chose d'analogue à ce qui a été dit ci-dessus. On verra plus loin de quelle manière le vent a occasionné des mouvements de progression réelle qui semblent pouvoir aussi être comparés, au moins dans certaines limites, à ceux dont on a montré plus haut comment les ondes courantes factices ont pu être graduellement *purgées* dans un canal.

Supposons la cessation du vent, on conçoit que les pertes énormes de force vive pourront résulter en partie (comprises dans le sens exprimé ci-dessus) de ce que le vent a plus de facilité pour imprimer de la vitesse au sommet des ondes, et rendent au moins très-difficile l'application du calcul à la récherche de ce qui peut rester de transport réel dans la houle, assez long-temps après la cessation du vent.

Ce sujet ayant été très-controversé, je me bornerai ici à indiquer un moyen de l'étudier par expérience. La Coudraye prétend que la force du vent qui entretenait des flots était cent soixante seize fois moindre que le poids des flots dans des observations qu'il a faites. Je n'ai pas ici son ouvrage sous les yeux, mais il semble difficile en général, conformément à une remarque de M. Cialdi, de déterminer en mer quelle est bien la force du vent par lequel ont été engendrés des flots d'une grande hauteur, dont on ne connait pas ordinairement le point de départ (*e*).

Ce serait donc plutôt sur un lac que des observations précises pourraient être faites de manière à établir si la hauteur

(*e*) Certo, era ed è tuttavía difficile; ma forniti di buoni misuravento e generalizzato l'uso di essi, si potrà provvedere a questo difetto (dal 514 al 521). A. C.

des flots y est vraiment extrêmement grande par rapport à la force du vent. Si l'on avait un moyen de bien constater ce fait, il en résulterait probablement, comme on verra plus loin, que les flots n'ayant augmenté que graduellement comme des oscillations, le transport réel, quand il serait purgé de flots à transport plus réel, finirait par être peu de chose relativement au mouvement oscillatoire lui-même. Or c'est ce que j' ai taché de constater à Versailles, sur la pièce d'eau des Suisses, c'est.à dire qu'un vent violent n'y produisait d'abord qu'un frémissement rapide de simples rides que l' on ne pouvait comparer aux grandes ondes qui finissaient par s' établir. Ceci éxige quelques explications, d' autant plus que ces observations n' ont pas été répétées comme je l'aurais désiré. C'est plutôt un mode d'observation que je soumets à M. Cialdi.

La composante horizontale du vent tend à soulever l'eau au lieu de la pousser seulement en avant, comme s' il s'agissait d' une sorte de rivière. Le mouvement alternatif dans le plan vertical soustrait et soumet alternativement les intumescences à l'action de cette composante horizontale. Les effets de l' inertie d'une masse recevant ainsi une action alternative rendent l'étude du principe extrêmement délicate.

On conçoit que la composante verticale peut d'ailleurs agir sur les sommets des ondes, s' ils sont moins garantis que les creux, d'une manière qu' il ne semble pas impossible de comparer, jusqu'à un certain point, au souffle alternatif par lequel on augmente graduellement les hauteurs des oscillations d'une colonne liquide en agissant sur le sommet d'un tuyau ouvert par les deux bouts et plongeant en partie dans l'eau d'un reservoir.

Si maintenant on admettait que la force du vent fût peu de chose par rapport au poids des flots, encore d' une petite hauteur, telle en un mot qu' à cette époque le transport horizontal réel ne pût pas être bien grand, et que ces flots ne pussent augmenter de hauteur qu'en vertu de la même force, la composante horizontale de cette dernière tendrait à engendrer des ondes secondaires de translation, mais d'un genre probablement analogue à celles dont j'ai montré comment les ondes principales d'un canal factice avaient pu être purgées de manière à ne plus conserver de traces bien sensibles de transport réel.

Quant aux expériences, faites au moyen des balancements d' un bateau relatives à un autre sujet, la longueur des ondes étant encore moindre que je ne l' avais trouvé quand j'opérais seul, cela confirme ce que j'ai dit sur ce que, si leur vitesse est moindre que celle d' une onde solitaire de même hauteur, cela provient sans doute de ce qu' elles sont moins longues, ce qui influe sur la profondeur à laquelle le mouvement parvient d'une manière assez sensible.

Extrait des procès verbaux des Séances de la Société philomathique de Paris publiés par le journal l' Institut *p. 45 du volume tiré à part pour cette Société* (*Séance du 25 Mars* 1843).

» Hydrodynamique.— *Expériences sur la formation de l'onde solitaire.* M. de Caligny communique des expériences qu' il a faites, sur le canal de vingt-quatre mètres de long, dont il a déjà entretenu la Société. Ses expériences, objet de cette communication, ont principalement pour but la formation de *l'onde solitaire* sans mouvement rétrograde bien sensible.

» Un cylindre dont le diamètre est environ les deux tiers de la largeur du canal, étant enfoncé jusqu'au fond et s'élevant d'ailleurs au dessus de la surface de l'eau, qui était à vingt-centimètres au dessus du fond, ne produisait pas cette onde de la même manière que lorsqu' il était enfoncé à une profondeur moindre. Quand il est enfoncé jusqu'au fond et qu'on le traine le long du canal d'un mouvement à peu près uniforme en marchant d'un pas ordinaire, ce n' est pas immédiatement devant le cylindre qu' il faut regarder pour voir former l'onde, mais à une certaine distance en avant. Quand il n'est enfoncé qu' à une certaine profondeur, on voit l' onde se détacher du cylindre. Enfin, quand il est enfoncé seulement à une profondeur très-faible, cette onde ne parait pas du tout en avant du cylindre, où l' on ne voit que de simples rides, ou ne parait qu' à la fin de sa course à l'extrémité du canal. Dans le premier cas, lorsqu'on arrive vers la moitié de la longueur du canal, *l'onde solitaire* arrive déjà à l'autre extrémité, tandis que dans le second, elle commence seulement à se détacher du cylindre.

» On voit combien la profondeur de la partie plongée influe sur le mode de production de *l'onde solitaire*. Il suffit d'ajouter qu'un cylindre *vertical* de quatre à cinq centimètres de diamètre tout au plus, étant trainé avec une vitesse analogue le long du canal, était toujours précédé d' une onde solitaire quand il arrivait à l' extrémité, quoique le profil de sa partie plongée fut bien moindre que celui de la partie plongée du gros cylindre, dans le cas où ce dernier arrivait à l'extrémité sans être précédé d'une onde solitaire.

» Quant à la vitesse de l' onde solitaire lorsqu' une fois elle est formée, le gros cylindre étant trainé lentement, puis arrêté, produisait une onde solitaire dont la vitesse moyenne, comptée pendant qu'elle traverse un certain nombre de fois le canal, était la même que lorsqu' on produisait cette onde en trainant quelques instants ce cylindre avec rapidité, et l'arrêtant aussi. Un autre fait déjà cité s'accorde avec celui-ci. Quand cette onde arrive à chaque extrémité du canal, elle y éteint son mouvement avant de revenir sur ses pas, comme on l' a dit dans les précédentes communications. Or, la vitesse moyenne de l'onde solitaire, considérée à partir de ce point, dépend, comme il a été dit, de la profondeur du canal.

» Ces faits s'accordent avec la manière suivante de considérer le système de *l'onde solitaire*. Concevez deux tubes formant une sorte de grand T renversé, la branche horizontale étant remplie d'eau, et la branche verticale n'en contenant pas. La partie de tuyau horizontal en amont du tuyau vertical est supposée d'abord seule en mouvement. En vertu de ce mouvement, il monte de l'eau dans le tuyau vertical ; la pression latérale de cette eau fait naître de la vitesse dans la portion horizontale en aval, et diminue la vitesse dans la portion en amont. Il y a une époque pendant laquelle la vitesse est la même en amont qu'en aval ; puis la colonne verticale en redescendant éteint graduellement la vitesse en amont, tandis qu'elle l'augmente en aval jusqu' à ce que la colonne d'amont ait en définitive, bien entendu pour certaines proportions dans les longueurs et les hauteurs dûes aux vitesses moyennes, produit un effet analogue à celui que les ressorts produisent dans la percussion de deux corps élastiques égaux, dont on sait que

l'un peut échanger sa vitesse avec l' autre, qui le réduit lui-même au repos. Si l' on conçoit plusieurs systèmes analogues disposés les uns à la suite des autres, on concevra comment il peut se faire que l' intumescence de l' onde se transporte d'une extrémité à l' autre du canal, en faisant successivement naître et éteindre le mouvement sur toute la hauteur du canal, en chaque point où elle passe, de façon que chaque prisme partiel est à son tour transporté dans le sens du mouvement sans retour bien sensible en arrière et à une distance évidemment dépendante de la grandeur de l' intumescence qui semble se transporter d' une manière continue, bien que les choses se passent comme il vient d'être dit.

» Si l'on admet que *l' onde solitaire* s'explique ainsi par un phénomène de colonne oscillante, les lois sur les colonnes oscillantes précédemment communiquées à la Société jetteront beaucoup de jour sur cette matière. On voit déjà pourquoi il y a tant de différence dans le mode de production de l'onde solitaire, selon que le cylindre est enfoncé à diverses profondeurs, et pourquoi la profondeur de la partie plongée parait être bien plus importante dans cette formation que son profil total. En effet, pour que le phénomène se présente dans toute son intensité, il faut que l' intumescence s'appuie sur du mouvement à éteindre en amont jusqu'au fond du canal.

» D'après ce qui a été dit dans les précédentes communications, les oscillations d'une colonne liquide dans un tube recourbé ou non, enfoncé en partie dans un réservoir, sont d'autant plus rapides que le rapport du diamètre de la partie plongée à celui de la partie qui reste hors de l'eau est plus grand. Cela s'explique, parce que, s' il y a plus de masse dans la partie plongée, il y a moins de vitesse à engendrer, et cela est d' ailleurs un résultat très-positif d'expériences en grand. Or, toutes choses égales d'ailleurs, si, dans le canal objet de cette communication, la profondeur est augmentée, il se présentera dans le phénomène de colonne oscillante quelque chose de plus ou moins analogue à ce qui vient d'être dit, de sorte que la vitesse apparente de translation de l' onde sera augmentée, comme elle l'est en effet, par suite de la profondeur du canal, d' autant plus que, pour une longueur donnée de ce canal, le nombre

d' oscillations est évidemment plutôt diminué qu'augmenté. La diminution de ce nombre est d'ailleurs un fait d'expérience, et il suffit de l' indiquer pour que le lecteur en tire les conséquences au moyen de la loi sur les durées des oscillations ordinaires, fonctions des racines carrées des longueurs. Il résulte de la nouvelle manière qui vient d' être proposée pour expliquer le système oscillant de l'onde solitaire, que la loi sur la vitesse de translation apparente, fonction des racines carrées des profondeurs, est assez rationnelle, si elle n'est pas rigoureusement exacte physiquement, mais qu' il sera sans doute utile d'y avoir égard dans les calculs sur la navigation des canaux.

» Quand l'onde est très-faible, le mouvement ne doit pas se distribuer jusqu' au fond du canal, selon la même loi que pour une onde plus forte, de sorte que les choses se passent sans doute comme si la masse en oscillation était moindre. Cela expliquerait d'après ce qui vient d'être dit, pourquoi les ondes faibles vont moins vîte que les plus fortes, à profondeur égale. On conçoit d' ailleurs que les ondes peuvent être assez petites pour ne plus propager le mouvement jusqu' au fond. Enfin, quand les ondes sont très-faibles, ou ne sont que de simples rides, la manière dont se modifient alors les lois des résistances passives explique une diminution de la vîtesse et de la course totale.

» Les ondes dites courantes précédées et suivies de creux, présentent, comme il a été dit dans les précédentes communications, une oscillation dans le sens horizontal pour chacun de leurs points, non seulement au fond, mais à la surface, tandisqu' il n' y a rien de semblable dans l' onde *solitaire*, en ce sens qu' il ne s'y présente que des mouvements de recul extrêmement faibles par rapport aux mouvements de progression dans le sens de la vitesse apparente de l' intumescence. Conformément à ce qui a été dit, les ondes *courantes* proviennent aussi d'un mouvement d'oscillation, mais *d'oscillation de va-et-vient horizontal*. Si le principe de l' oscillation n' était pas le point essentiel de leur système, les éspèces de tourbillons élliptiques dans des plans verticaux, qui se présentent dans les régions supérieures, donneraient lieu sur le fond à des tourbillons plus ou moins affaiblis ; mais il paraîtrait difficile d'expliquer comment ils s' y transformeraient en mouvements de

va-et-vient horizontaux. Il est au contraire facile de voir comment le mouvement horizontal, transmis d' abord directement par l' action de l' intumescence donne lieu à un balancement dans le plan vertical, où les tranches horizontales s' entassent les unes sur les autres, de façon que le point le plus élevé au dessus du fond est celui dont les oscillations verticales sont les plus grandes. Or, comme l'onde *courante* est précédée d'un creux, il en résulte un contre-courant, une oscillation en retour, et il est facile de voir comment il en résulte des espèces de tourbillons elliptiques dans les régions supérieures du liquide, bien que sur le fond le mouvement de va-et-vient horizontal se soit conservé, tandis qu' il ne se présente pas de semblables tourbillons dans l' onde solitaire où il n' y a pas d'oscillation bien sensible en retour. On voit que l'onde *solitaire* a dans son principe beaucoup d'analogie avec l' onde *courante* (à oscillation double) et qu' il n' est pas étonnant qu' il y ait aussi beaucoup d'analogie dans les lois de leurs mouvements.

N.° 6 D

Versailles, le 11 Novembre 1865

Depuis que ma note du 21 Septembre est imprimée, M. Cialdi a eu la bonté de reproduire, à titre de document historique, une de mes notes publiées par le journal l' *Institut* (p. 621 di questo V.). Je crois donc devoir remarquer d' une manière plus spéciale qu'elle avait été publiée l'année qui avait précédé celle où M. Russell dit avoir observé le mouvement orbitaire jusqu'à la limite inférieure du mouvement des ondes courantes dans un canal d'une *profondeur convenable.*

Remarquant pour mes propres écrits combien il faut être circonspect avant de généraliser les faits observés dans chaque circonstance particulière, je crois pouvoir me permettre la même observation relativement au mémoire précité de M. Dyar à la fin duquel on lit ces mots : « Dans aucun cas une onde ne peut » en altérer une autre d'une manière permanente. »

Ce qui peut être vrai pour la rencontre de deux ondes seulement, est formellement contraire au fait suivant que j'ai signalé à la Société philomatique de Paris le 23 Juillet mil huit cent quarante deux, et qui se rapportait au cas où une onde solitaire passait par dessus une série d' ondes alternativement élevées et déprimées que l'on appelle *courantes*. On lit dans le journal l' *Institut*, dans l'extrait du procès-verbal de cette séance, n'ayant pour objet que ma communication, p. 281: «... Quand » on soulève une grande onde solitaire, elle se précipite après » l'onde courante, passe dessus en brisant les crêtes de celle-ci, » remplit en partie les creux, et, si elle est assez puissante » par rapport à elle, elle lui survit après l'avoir presque dé- » truite. Or, quand on donne un mouvement alternatif au cy- » lindre qui fait soulever les ondes, ce mouvement n'étant pas » toujours vertical, il en résulte nécessairement des mouve- » ments analogues à ceux dont on vient de parler, avec cette » différence que les intumescences auxquelles ils donnent lieu » se perdent en partie dans les creux des ondes courantes qui » subsistent, si elles sont assez puissantes par rapport à ces » ondes, dites *solitaires*, qui peuvent être cependant en assez » grande nombre etc. . . . »

Ce que je viens de rappeler est essentiel dans l'étude de ce qui peut rester de transport réel après la cessation du vent. Je crois d' ailleurs devoir encore transcrire le passage suivant de la même note du journal l' Institut p. 280 sur mes observations relatives à une serie d'ondes alternativement élevées et déprimées, produites par un mouvement de va-et-vient vertical, d'autant plus qu'elle a été publiée l'année qui a précédé celle de la publication du mémoire précité de M. Dyar. «.... En » répandant des corps légers dans l'eau en ondulation, il est » très-facile, quand cette eau est d'ailleurs suffisamment claire, » de suivre de l'oeil les chemins parcourus par ces poussières » ou corps legers tenus en suspension. Au fond de l'eau il n'y » a qu' un mouvement de va-et-vient, un véritable *siphone-* » *ment*. Dans les régions supérieures du liquide, il y a un *on-* » *doiement* général dont on ne peut observer la loi qu' après » des observations reitérées; mais on s'en rend facilement com- » pte en remarquant qu' il y a un mouvement de va-et-vient

» horizontal, et un mouvement de va-et-vient vertical, sans que » la direction du mouvement soit jamais ni verticale, ni ho- » rizontale, le long d'un chemin notable. Chaque molécule est » soulevée et poussée en avant, puis elle redescend et recule » vers sa première position, de sorte que, dans les parties su- » périeures du liquide, chaque molécule décrit une courbe fer- » mée ayant de l'analogie en apparence avec une ellipse. Mais » ce résultat suppose que l'on observe l'onde *courante*. Quand » l'onde se balance à l'une ou à l'autre extrémité du canal, » après quelques balancements, le mouvement devient vérita- » blement *vertical*, jusqu'à une certaine profondeur, à la quelle » il courbe inférieurement sa direction qui devient horizontale » dans le creux de la vague, de sorte que le mouvement est » alors un véritable *siphonement*, jusqu'à l'époque où revenant » sur ses pas elle redevient onde *courante*. . . »

On conçoit, d'après le passage que je viens de rappeler, et d'après ma note précitée, de l'année suivante, comment une serie d'ondes alternativement élevées et déprimées, sont modifiées par le fait seul de leur réunion, d'où résulte même à la surface de l'eau un mouvement de va-et-vient qui semble changer la nature du phénomène. Les ondes élevées, si elles étaient seules, iraient d'ailleurs, dans certains cas observés, quand les profondeurs ne sont pas grandes, d'autant plus vite, comme on sait, qu'elles seraient plus élevées, et les ondes déprimées de même volume iraient sans doute plus lentement dans le même canal.

Les observations de M. Dyar sont très-précieuses, et précisent, à certains égards, mieux que je ne l'avais fait, des détails qui montrent de quelle manière le transport réel de l'onde élevée peut être compensé par le transport réel en sens contraire de l'onde déprimée. Mais il est essentiel, selon moi, d'entrer dans les détails nécessaires pour montrer comment les ondes agissent les unes sur les autres, de manière à pouvoir se modifier, ainsi que je l'avais expliqué long-temps avant le savant mémoire de M. Dyar.

Les développements qui précèdent m'ont paru utiles pour établir les bases des recherches théoriques qui pourront être tentées sur le transport réel de la houle. Je ne saurais trop rappeler

d'ailleurs, que c'est avec la plus extrême réserve que je soumets ces bases à M. Cialdi. Il est au reste plus facile de se rendre compte des effets du déversement au sommet des ondes que de la manière dont les ondes s' entremêlent sous l' action du vent, quand elles ne se brisent pas encore au sommet. Jusqu'à présent, il ne m'a pas été possible d'observer d' une manière assez satisfaisante comment se fait ce mélange, lorsque je suivais au pas ordinaire le mouvement apparent uniforme des ondes sur un canal tel que celui du parc de Versailles. J' ai pu du moins constater qu'en effet les ondes, quand elles sont établies, sont bien plus fortes, comme on l'admettait généralement, je crois, d'après un passage précité de la Coudraye, que ne semblait l' indiquer le vent qui les a engendrées. Il est même intéressant de remarquer que ce n'est pas à l'origine d'un canal qu' elles m' ont paru acquérir en général la hauteur à laquelle on les voit bientôt parvenir. Il est cependant difficile, quand on observe ce qui se passe après la cessation du vent sur une pièce d'eau limitée, de se rendre parfaitement compte des effets du transport réel, parce que ce transport peut provenir de ce que le vent avait augmenté d'une quantité quelconque la hauteur de l'eau dans la direction où il soufflait.

Après la cessation du vent, quand un canal est terminé par un plan vertical, j' ai remarqué un effet intéressant. Une série d' ondes parallèles au plan vertical contre lequel se sont réfléchies les ondes formées par le vent, reviennent en sens contraire de la direction qu' avait celui-ci ; mais il est bien à remarquer que chaque onde s'étend comme une barre sur toute la largeur du canal si cette surface de réflexion n'est pas courbe, tandisque les ondes, qui avaient été formées par le vent, quand elles étaient établies depuis un certain temps, étaient *entremêlées*. Or il semble rationnel de conclure de l' *empiétement* des ondes occasionnées par le vent, les unes sur les autres, que les creux, qui sont un des éléments de mouvement oscillatoire, étant plus on moins occupés par suite de cet empiétement, soient une raison pour que les ondes n'augmentent pas plus de hauteur qu' elle ne le font sous l' action constante d' un vent parallèle à l'axe du canal ; d' autant plus que les effets de la réaction de l'extrémité du canal ne m'ont point paru, dans ces

circonstances, se propager à une très-grande distance en amont pendant la durée du vent.

Quand le plan vertical terminant le canal dans la direction du vent n' est pas perpendiculaire à cet axe, la réflexion des ondes peut être observée à une assez grande distance, lorsque ces ondes réfléchies arrivent dans une région abritée contre le vent par un promontoire; elles se propagent alors comme des barres régulières et parallèles dans cette région abritée.

Ce que j' ai dit sur l' *empiétement* des ondes soumises à l'action du vent, est très-délicat à interprêter à cause de ce que M. Dyar à dit sur la rencontre des ondes élevées et déprimées.

Mais des l' instant où le sommet des ondes se brise, il y a un moyen familier très-simple d'étudier ce qui se passe jusqu'à un certain point. Il suffit de prendre un soufflet de chambre ordinaire, et de le faire agir en inclinant convenablement le tuyau de sortie de l'air sur le niveau de l'eau d'un réservoir. On voit ainsi de quelle manière le vent creuse le niveau, accumule le liquide en avant, fait briser la crête de l'onde, et détermine tant en arrière que de chaque côté, des courants faciles à observer, au moyen des petits corps flottants qui se dirigent vers l' onde. Il n' est peut-être pas sans intérêt de remarquer que si l'on fait une expérience semblable dans une cuvette de grandeur convenable et de forme analogue à une calotte sphérique, on voit le mouvement d'ondulation s'accroître graduellement, de manière à donner quelqu' idée de l'accroissement graduel des vagues sous la force du vent qui les engendre.

M. de Tessan a communiqué à M. Cialdi des observations directes qu' il a faites sur le transport réel de la houle au large en calme plat. Je ne puis que m'en rapporter aux observations de ce savant Académicien; heureux si j'ai pu ajouter quelque chose d' essentiel aux bases d'un calcul si intéressant pour les marins.

Ce qui me semblerait le plus curieux serait d' avoir des observations précises très-long-temps après la cessation du vent. Car il me parait évident que même en calme plat, peu de temps après la cessation du vent, le mouvement de transport réel est très-différent de ce qu' il doit être après un certain temps pour

des vagues d'une hauteur donnée. J'ai déjà rappelé que le sommet des ondes donne plus de prise au vent que le creux. Mais abstraction faite de l'abri mutuel que peuvent se prêter les vagues, il n'est peut-être pas sans intérêt de remarquer que la composante horizontale du vent agit pendant une durée d'autant plus longue sur les tranches d'une vague, que ces tranches sont plus élevées. Il est clair que la dernière tranche qui sort à la base, ou la dernière en un mot qui se trouve découverte ne peut recevoir l'action de cette composante que pendant un temps très-court, abstraction faite même de l'abri quelconque précité. On voit donc que le sommet des ondes formées par le vent renferme une cause essentielle de déversement, dont on conçoit, d'après ce qui a été dit plus haut, les effets possibles sur la diminution du transport réel. Cela s'accorde d'ailleurs avec les documents que M. Cialdi a bien voulu me communiquer sur les effets des vagues en pleine mer. En effet, si je l'ai bien compris, il pense qu'en pleine mer l'onde proprement dite se brise rarement; que c'est seulement la partie supérieure c'est-à-dire la crête de l'onde qui se brise souvent, et que les petits flots qui recouvrent toute la superficie de l'onde se brisent toujours. Quant à la masse en ondulation, elle ne se brise, selon lui, comme elle le fait au rivage, que dans des cas extraordinaires.

Il me semble que ces effets s'accordent bien avec la manière de considérer l'action du vent, telle que je l'ai présentée ci-dessus. Il ne s'agit point en effet d'un mouvement permanent produit par le travail du vent, quand même la force de celui-ci serait constante, puisque l'action s'est exercée d'une manière très-différente, selon la hauteur des tranches. On conçoit qu'il doit en résulter diverses espèces d'ondes secondaires qui renferment des causes de brisement. On conçoit d'ailleurs qu'après la cessation du vent, lorsque les ondes se sont écrêtées en vertu du mouvement acquis de leurs sommets, les divers mouvements acquis de l'ensemble peuvent se combiner de plusieurs manières, sans que ces considérations aient rien de contraire aux observations de M. de Tessan relatives aux mouvements des petits corps flottants à diverses hauteurs sur une vague de la houle.

Je ne saurais trop répéter que dans tout ce que j' ai dit sur les bases de la théorie de la houle, mon seul but a été de soumettre quelques idées que je crois nouvelles à M. Cialdi, ainsi qu'à M. de Tessan, n' ayant pas fait de voyage de long cours.

Il s'agit d'un sujet si intéressant pour les marins, qu'on ne saurait trop se défier, je suis le premier à en convenir, du genre d'études qu' il m'a été possible de faire soit sur mer, soit sur des fleuves, ou de grandes pièces d' eau ; je ne puis que prier les hommes compétents de voir s' il ne serait pas possible de tirer quelque parti de mes idées sur ce sujet.

En parlant du mémoire de M. Dyar, j'ai oublié, relativement à son paragraphe VI, une remarque essentielle. J'ai fait observer que c' était seulement dans des cas particuliers que l' agitation ne se propageait pas plus profondément pour des ondes d'une hauteur donnée, c'est-à-dire que dans plusieurs de mes expériences, l'agitation s'était produite à de beaucoup plus grandes profondeurs, relativement à la hauteur des ondes. Mais il est juste de remarquer que le fait de l'observation du calme au fond du canal où M. Dyar produisait ses ondes est une circonstance très-intéressante pour l'application de ses recherches à l'étude des ondes de la mer. Aussi, personne plus que moi n'apprécie l' importance du travail précité de ce savant citoyen des Etats-Unis d' Amérique. Ses conclusions n' ont peut-être, pour objet principal, que des circonstances analogues à celles qu' il a observées, et si je me suis permis d'avertir qu' il devait en être ainsi à certains égards, c'est pour faciliter l'étude de son travail écrit en français. Il n'y a d' ailleurs rien d' étonnant à ce qu'un étranger ait pu être conduit à quelque résultats ayant de l' analogie avec une partie des miens, qu' il ne connaissait probablement pas.

M. Cialdi ayant bien voulu publier quelques réclamations de priorité qui me sont personnelles; peut-être puis-je le prier de rappeler, puisqu' il est un des défenseurs de certaines applications des chenaux courbes, que ces chenaux paraissent avoir été proposés pour la première fois par un des ingénieurs Hüe de Caligny mes ancêtres, qui sous Louis XIV et Louis XV parvinrent aux premières distinctions du corps du génie militaire

de France, et eurent occasion de rendre des services à la science des constructions maritimes. Celui dont il s'agit, mort en 1748, eut à ce sujet une discussion avec un autre Directeur de fortifications M. de Ramsault qui n'approuvait point les chenaux courbes du moins pour des travaux proposés en Normadie vers 1740. Celui des Ingénieurs de Caligny dont il s'agit est l'auteur du traité de la défense des places fortes, publié en 1846, avec un avant-propos du Capitaine, aujourd' hui général d'Artillerie, Favé.

C' est celui dont la ville de Cherbourg vient d' honorer la mémoire, en donnant le nom de Caligny au principal quai de l'ancien port de cette ville dont il est le fondateur.

Nota. En reproduissant comme pièces historiques des extraits du journal l' *Institut*, on a été obligé de reproduire les fautes de rédaction. Ainsi il est à peine nécessaire de remarquer qu' à la fin de la note de 1843 (*pag.* 625 *di questo volume*), au lieu des mots *oscillation double* il aurait fallu mettre *oscillation en retour*, d'après le sens de l'ensemble de la note.

N.° 7.

1865

Quando a riprova di quanto avevo detto sull'azione delle onde a grande profondità mi determinai di battere anche la via del *coloramento dell'acqua del mare*, riunii tutto ciò che avevo estratto dalla lettura dei viaggi e dei trattati di fisica e di geologìa intorno a questo argomento. Gli articoli, *Visibilité des écueils*; *Couleur de la mer*; *Couleur des mers polaires*; *Couleur et phosphorescence de la mer*; *Transparence de la mer*; *Moyen perfectionné de découvrir les écueils* e *Couleur de la mer et des eaux des fleuves*, compilati dall'Arago e raccolti nel tomo nono delle sue opere, dovevano più specialmente fermare la mia attenzione, come quelli che di lor natura potevano racchiuder quanto la scienza e l'esperienza avevan fin allora manifestato.

Il lettore, all'articolo decimoquarto del Capo terzo, ha potuto giudicare il valore delle mie investigazioni; e confesso che

io credeva di aver veduto tutto quello che l'Arago aveva raccolto in proposito, sicuro come ero che nulla di più di quanto si conteneva nei sopra citati speciali articoli si fosse da lui medesimo altrove registrato per lo stesso argomento. Ma ero in errore; giacché in un articolo *Marées* del citato gran Fisico si trovavano frammischiate dell'osservazioni che facevano al caso mio. Quindi con sorpresa, e nel tempo istesso con piacere, ho letto nella prima dispensa del giornale *Il movimento scientifico*, stampato in Modena, che l'Arago aveva raccolto altri fatti oltre quelli che io aveva tolto da lui. Questo nuovo giornale nel riprodurre la conclusione generale che il padre Secchi ha dedotta dalle nostre esperienze sulla trasparenza del mare a mia preghiera da lui dirette, e da me, per intero, pubblicate nell' indicato mio articolo, fa precedere l'esperienza del Bérard, da me e dal Secchi prodotta (952 e 961) ed aggiunge : « Un altro passo relativo ad osservazioni analoghe si legge nella relazione fatta da Arago all' Accademia delle Scienze sul viaggio della corvetta *La Coquille* . . . » Ecco l' intero passo dell'Arago, di cui il Giornale citato dà soltanto un sunto.

« *Pendant l' observation des marées, quand le temps était calme , on faisait régulièrement , à bord de* la Coquille , *des expériences destinées à déterminer jusqu'à quelle profondeur il serait possible de voir, dans le cas où le fond de la mer aurait une nuance blanche bien prononcée : c' était en quelque sorte une mesure de la transparence de l'eau. L'appareil employé se composait d'une planche de* 0^{m}.66 *de diamètre, peinte en blanc , et portant un poids attaché de manière qu' en descendant dans le liquide , elle demeurait horizontale. Les résultats, comme on pouvait s'y attendre, ont été très-dissemblables. A Offak , dans l' île Waigiou , par un temps calme et couvert, le* 13 *septembre, le disque disparut quand il fut descendu de* 18 *mètres. Le lendemain* 14, *le ciel étant serein, on ne cessa de voir le même disque qu'à la profondeur de* 23 *mètres. Au port Jackson, les* 12 *et* 13 *février (il est facile de reconnaître qu' ici la date a de l' importance), on n' a jamais pu voir la planche a plus de* 12 *mètres de profondeur , par un calme plat. La moyenne à la Nouvelle-Zélande, en avril, a été d'un mètre moindre. A l' île de l'Ascension, en janvier,*

sous des circonstances favorables, les limites extrêmes, dans une série de onze expériences, sont 9 *et* 12 *mètres. Nous avons rapporté ces résultats parce qu' ils se rattachent à d' intéressantes questions dont les naturalistes se sont beaucoup occupés il y a quelques années.* »

Nel ripetuto Giornale di Modena, dopo riportato il sunto di queste esperienze della *Coquille*, si aggiunge: « Finalmente nella memoria *sur les Théories de l'émission et des ondes* (dello stesso Arago) si trova citata un'esperienza di Bouguer, il quale viaggiando sotto la zona torrida, si accorse che il fondo del mare si vedeva a una profondità di 30 a 36 metri, quando era ricoperto di sabbia bianca. »

Da queste esperienze si desume la conferma di quella del Marsigli (914 e 915) e di quella del Halley (938 pag. 250) intorno alla grande potenza delle nuvole a diminuire la visibilità; si deduce la giustezza delle riflessioni dettate dal Secchi nel titolo *Influenza della serenità del cielo* (1007 e 1008), ed esse tutte confermano quanto io ho detto al numero 957.

E giacché ho ripreso la penna per questo titolo, aggiungerò altri due documenti, raccolti in corso di stampa. Il primo lo estraggo dal Donati, il quale così parla:

« Allorchè io debbo portarmi all'osservazioni marine, armo una barchetta con non più di quattro, o cinque uomini, e ben provveduto di stromenti adattati alle mie occorrenze mi stacco da terra fino a tanto, che ritrovo un fondo minore di quindici passa d' acqua. Qual fondo (essendo abbonacciato il mare) con facilità osservar posso, ajutato da una leggiera aspersione d'olio, che vo facendo. Quest' olio forma come una sottilissima tela, che bene unita alle pareti della barca si distende amplamente sulla superficie del mare, e questa giova infinitamente a levare un certo increspamento dell' acqua prodotto dal leggiero soffio de' venti. Il qual fenomeno sarà facile da spiegarsi, allorchè si rifletta, che ritrovando il vento una, dirò così, più aspra superficie nell'acqua, alla stessa agevolmente s'attacca, e la muove; e per lo contrario battendo esso nella superficie eguale, e lubbrica del olio, si rifrange, e senza communicar alcun sensibile moto alla stessa, vi passa leggermente sopra, e la fugge.

« Io dunque in tal caso, e da tale altezza posso chiaramente

osservare il fondo, notare la di lui varietà, ed inoltre discernere quali corpi ivi si ritrovino; quando però egli sia solamente o sassoso, o ghiarroso, poichè allora è assai limpido, e cristallino; ma per lo contrario essendo pantanoso, o arenoso, come accade al golfo di Venezia, l'acque sono alquanto torbide, né permettono il vederci molto profondamente. »

Il secondo l'ho trovato in Dumond d'Urville. Questo illustre navigatore era allora nelle acque delle isole Baleari; ed ecco tutto quello che ci dice:

» *Dans l'après-midi* (del 10 settembre 1837), *on a fait des expériences sur la transparence des eaux de la mer. Une assiette de faïence est restée visible à l'oeil nu jusqu'à* 19 *ou* 20 *brasses de profondeur* (metri 30,9 o 32,5); *à* 2 *ou* 3 *brasses plus tôt, on a cessé de la voir en employant le scopéloscope. La théorie semblerait indiquer que la tourmaline qui entre dans le corps de cet instrument, sous l'angle visuel de* 37°, *doit éliminer tous les rayons réfléchis par l'eau, pour ne laisser subsister que ceux qui lui arrivent directement d'un objet situé sous l'eau. Il en résulterait que cet objet, vu sous un angle de* 37° *ou environ, devrait être beaucoup plus apparent à l'aide du scopéloscope qu'à l'oeil nu, et l'on avait conçu l'espoir que cet instrument pourrait être d'un puissant secours dans les mers semées d'écueils de coraux ou de bancs à fleur d'eau. Pour ne pas me répéter, je déclarerai une fois pour toutes, que dans les nombreuses expériences faites durant l'expédition, le scopéloscope n'a pas une seule fois justifié ces espérances.* » (*Voyage au Pole sud et dans l'Océanie.* Paris 1841 Tom. premier pag. 3).

Questi esperimenti, eseguiti nello scopo di stabilire la trasparenza del mare, mancano dell'importante dato dell'altezza del sole e dell'ora delle osservazioni. Nelle tavole meteorologiche pubblicate da Vicendon-Dumolin, si desume che in quel giorno lo stato del cielo fu *très-beau* e che *la mer* fu *belle*; ma ciò non basta per stabilire che tutte le circostanze erano nel loro massimo grado favorevoli. Tuttavía è certo che il risultamento anche di questi esperimenti conferma l'esperienze da noi eseguite e ne fa crescere l'importanza (dal 961 al 989), ed in specie conferma quanto ha notato il Secchi

intorno all' inutilità dell' uso degli strumenti ottici per tali esperimenti (966, 977, 978 e 994).

N.° 8

1865

Mentre curavo la stampa del mio scritto circa la potenza delle onde sulla parte alta e visibile dell'antemurale di Civitavecchia feci la promessa di aggiungere qualche grafica dimostrazione sugli effetti dell' onde medesime nelle parti basse e sommerse dello stesso antemurale (725 e 726). Allora lo stato del mare non aveva permesso di praticare gli scandagli necessarî alla detta dimostrazione. E poiché il caso ha voluto che in separato articolo io parlassi di questo porto, non posso a meno di far precedere alla promessa alcun che intorno all'essenza di esso. Altrove ne ho per esteso ragionato (*a*).

Il porto Trajano, di Civitavecchia, fu sempre di molta considerazione per l'arte antica, per la scelta del sito, per la sua vicinanza a Roma: oggi può divenir d' importanza maggiore.

Imperocché esso siede al vertice del triangolo che con due lati uguali ha nei punti estremi della base il bosforo di Suez e lo stretto di Gibilterra, e però meglio di ogni altro situato geograficamente pel commercio dell' Italia centrale con quelle due vaste vie di comunicazione. Esso ha inoltre presso di sé, e dinanzi, e a destra ed a sinistra, un mare a tutta vista libero da banchi stabili o mobili e da ogni altro pericolo, di modo che qualunque bastimento il meno pratico, può avvicinarsi senza soccorso di piloto: condizione importantissima per un porto; il che non si verifica in tanti altri.

(*a*) *Parallelo geografico ed idrografico tra i porti di Civitavecchia e di Livorno.* Roma 1846.

Quale debba essere il porto di Roma e ciò che meglio convenga a Civitavecchia e ad Anzio. Roma 1846.

Sul Tevere e sulla linea più conveniente per la riunione dei due mari, e sulla marina mercantile. Roma 1847.

Disegno per l' ingrandimento e miglioramento del porto di Civitavecchia. Roma 1861.

Questo elogio non si creda dettato dal solo amore del suolo nativo; prima di me l'ingegnere Auniet, certamente imparziale, aveva scritto che il ripetuto porto è *le mieux placé de la côte d' Italie*. E quel padre della scienza dei porti in Francia, Bélidor, molto prima dello stesso Auniet aveva avvertito che *on ne peut disconvenir que la disposition qu'on a donnée au port de Civitavecchia ne soit fort heureusement imaginée, etant la seule qui paraît convenir lorsqu' il s' agit d'en établir un sur une plage battue de la mer.*

Quindi questo porto sarà sempre ben conservato e presto o tardi sarà ingrandito e migliorato in virtù della sua vicinanza a Roma, ed in forza della sua felice posizione geografica e della sua felicissima costituzione naturale ed artefatta. Condizioni che non si riuniscono né si possono riunire in verun altro porto o punto di questo littorale.

Assistito dalla benevola amicizia e dalle diligenti operazioni del già citato Biagio Donati, sin del 1857 io tenevo in serbo le note di alcuni scandagli condotti in diverse direzioni fuori del porto, perché confrontati dopo un certo lasso di tempo potrebbero mostrare se le scogliere e l' adiacente fondo del mare soffrono cambiamento. Quindi da quell' anno a questo essendone decorsi otto, ho creduto bene di arricchire il presente mio libro di tal confronto.

Da sette anni a questa parte il porto di Civitavecchia ha il vantaggio di avere per ingegnere in capo il ricordato Giovanni Monti. I lavori di assettamento delle banchine, delle calate, delle colonne da ormeggio; quelli di rialzamento della torre del Faro; lo spurgo del porto, anche coll'uso delle mine, ed altri non pochi provvedimenti accessori ne hanno notabilmente migliorate le condizioni interne; ma più mirabile l' intelligenza ed il tenace buon volere del prefato ingegnere è nei rilevanti lavori delle scogliere dei moli e dell'antemurale. Specialmente in quest' ultimo, gli scogli di trenta a quaranta e più metri cubi, di lor natura irregolari, come la cava li dà, sfidano i marosi che tendono a slocarli e strascinarli nel fondo, come accadeva ai piccoli massi che in altri tempi ivi si gettavano.

Pregato da me il Monti di ordinare e dirigere la ripetizione degli scandagli in quegli stessi rombi di vento che erano stati

battuti nel 1857, di buon animo ne accettò l' incarico, ed alla prima favorevole occasione fece eseguir l'operazione, il risultamentò della quale si legge nelle due tavole, quarta e quinta, qui unite.

Per il momento tre dati io desumo dal confronto di questi scandagli. Primo della quasi invariabilità del fondo del mare, presso le scogliere; il che mi fa credere all' uniformità media della azione dei marosi su quel fondo, ed alla media uniformità della qualità e quantità dei materiali logorati, sparsi e riforniti, che lo costituiscono.

Il secondo, della notevole conservazione della curva dello scaglione o pettata ove urtano e montano i flutti: conservazione dalla base della scogliera sino al pelo dell' acqua, ad onta del materiale ivi gettato.

Il terzo quello della diminuzione media del fondo di metro uno nel rombo di maestro, alla distanza di circa metri 200 dal fortino Gregoriano (Lettera A della tavola IV e V).

Quest'ultimo fatto merita essere specialmente studiato dal prefato ingegnere, per venire ad efficace provvedimento. Intanto io accennerò quello che ne penso.

La precipua causa di questa diminuzione di fondo nell' indicato sito io credo che sia l' avanzamento artefatto di ventiquattro metri di lido a levante ed attiguo alla Fortezza, ed il nuovo muro di cinta. (Lettera B Tav. IV).

È noto che i flutti regnanti del nostro lido sono prodotti dai venti di scirocco e da quelli di mezzogiorno. È noto pure che la corrente littorale scorre qui da sinistra a destra, guardando il mare. È noto finalmente che il capo Linaro forma naturale e lungo pennello che difende il porto dalle arene del Tevere e da quelle della sottile spiaggia, che dal Tevere al detto capo in un aperto seno si sviluppa. Ma dal capo al porto, che sono cinque miglia marine, non vi è altro riparo: quindi la quantità di ciottoli, di ghiaje e di sabbie, scaricata in mare dai fossi compresi in questo spazio, e gli altri materiali che il mare istesso deve produrre lunghesso questo tratto di scoglioso lido e di grossa spiaggia, sono dagli indicati veicoli convogliati verso il porto.

Prima che il lido artifizialmente fosse protratto, e prima

che il muro di cinta fosse costruito, il posto di sopra indicato (L. B) era spiaggia che si prolungava fin presso le Casenove, cioè per metri 500 circa. Quivi i flutti morivano e lasciavano il carico. Era questo il sito di naturale deposito che veniva di tempo in tempo vuotato dalle barche savorriere e dalle carrette per le costruzioni murarie: dal mare poscia riempito. Questo alternativo lavoro della natura e degli uomini, produceva due vantaggi: quello di non far giungere i flutti pregni di arena nel loro tragìtto fra le due bocche del porto; e quello di fornire il carico alle dette barche presso il porto ed alle dette carrette presso la città. Questo sito, denominato dal nostre popolo *mare dabbasso*, era luogo di convegno e di ricreazione, specialmente in tempo della pesca di ricci che a poca distanza si faceva.

Oggi cotesta insenata spiaggia, cotesto benefico deposito può dirsi che più non esiste essendosi nel punto B interamente tolto, e nel rimanente molto diminuito; oggi i flutti invece di trovare un dolce piano inclinato che gli permetteva di lasciare i materiali che seco conducevano, trovano un muro avanzato in mare e verticale, trovano scoglio che li respinge e l'obbliga a continuare con il loro carico il viaggio da sinistra a destra. Oggi adunque quasi tutti i materiali, che si depositavano nell'indicato ricettacolo e dalle barche e dalle carrette altrove a beneficio pubblico trasportati, sono obbligati a passare tra le bocche del porto e dinanzi ad esso, dopo di essere stati sbattuti contro i ruderi verticali ed orizzontali, che fasciano la base della Fortezza, e da questi ostacoli, in forza delle risacche, rispinti. La giacitura di essi e del molo del Bicchiere non si oppone allo scorrimento dei materiali da sinistra a destra.

Il vigoroso giuoco dei flutti al di fuori dell'antemurale, non permette deposito di sorta alcuna; ma permette bensì che a qualche distanza ed a sottovento di esso il deposito si effettui; e questo può benissimo accadere nell'indicato spazio e direzione (L. A).

Quella massa di materiali obbligata ad entrare nella bocca di levante del porto, che è la più pesante e la quantità maggiore, sarà lasciata parte nel bacino del porto istesso, e parte trasportata al difuori per la bocca di ponente. Ma la corrente che quivi serve di veicolo, uscita da questa bocca si dilata, perde

vigoría, e lascia cadere ciò che porta a poca distanza della bocca stessa; e questo punto di scarico può esser benissimo quello istesso indicato nella ripetuta lettera A.

Le mareggiate di libeccio e di ponente devono rimuovere questo deposito; ma la scogliera esterna del molo del Lazzaretto e quella che difende le fortificazioni attigue esterne al porto, non gli danno ricovero, e la maggior durata nell' anno delle mareggiate di sinistra, a confronto con queste di destra, devono vincerla, e quindi mostrare il loro prodotto.

Un improvvido lavoro ha dunque danneggiato la perfetta costituzione del porto, il quale è un modello in arte, ed alla natura prediletto: quindi è d'uopo che un provvido lavoro vi ponga rimedio. Possa il cattivo esito di questa opera aprir gli occhi a coloro che pretendono potersi impunemente prolungare l' antemurale, ingrandir banchine, farne delle nuove o altro lavoro simile che alteri la primitiva costituzione del porto! Mostrai altrove che taluni apparenti suoi difetti interni sono utilissimi benefici. (Si veda la citata mia pubblicazione del 1861).

Distruggere il lavoro fatto, sarebbe per me il più sollecito ed il più efficace rimedio, e se da me dipendesse io lo distruggerei; perché il bene del porto deve avere la preminenza sopra ogni altro, e tanto più in questo caso, perché quel lavoro è un semplice comodo di lusso: un ampiamento di passeggiata. Ma se tale proposta non fosse accettata, altro rimedio io non vedo, per diminuire le conseguenze del male operato, che il seguente.

La bocca detta di levante è oggi utilmente più larga e molto più profonda di quella di ponente (T. IV e V). Quei flutti del fondo e quelle correnti che liberamente e con sollecitudine traggitterebbero il breve spazio tra le due bocche, trovano un notabile ostacolo nella minore ampiezza e nella minor profondità della bocca donde devono uscire col loro carico; quindi sono obbligati ad infirmarsi, a lasciare gran parte del carico nel bacino del porto, specialmente quello di materiali più grossi e più pesanti, ed il rimanente a stento convogliarlo al di fuori, lasciandolo a breve distanza per la perduta loro primitiva energía. Questo più voluminoso materiale è quello istesso che vediamo poi nell' interno del porto

accumulato negli angoli formati dai moli come ho già dimostrato al mio n.° 798.

Or dunque chiaro apparisce che tolta la causa si toglierebbe l' effetto: ampliando e profondando la bocca di ponente come è quella di levante sarebbe lasciato libero il passaggio agl' incomodi veicoli ed allo infesto carico. Inoltre il ripristinamento alle naturali misure di questa bocca, renderebbe l'entrata e l'uscita del porto molto più nautica e sicura.

Ma l'ampiamento e l'approfondamento di questa bocca renderebbe meno tranquilla la stallía nel porto, oggi tanto più necessaria per il notabile aumento del commercio. Ciò è vero; ma le conseguenze di questa verità non devono menarci né a danni, né ad assurdi. Perché il commercio aumenta, si devono peggiorare le condizioni del porto? Il semplice buon senso vuole il contrario. E siccome l' ingrandimento della ripetuta bocca è un bisogno assoluto per non peggiorare la costituzione sua; e siccome questo ampiamento diminuisce la tranquillità interna del porto stesso, e quindi peggiora le condizioni necessarie al sollecito e comodo sbarco ed imbarco delle merci e dei passeggeri, così è d'uopo risolversi al miglioramento ed all' ingrandimento di questo porto, già più volte proposto. Si porge orecchio al curioso progetto di un *profondo e grandioso porto nella foce del Tevere, in* Ostia, ove la natura al largo mare con i banchi noti sotto il vocabolo *Punta della fiumara grande* e presso il lido con la protendente spiaggia manifestamente si oppone, ed ove la storia insegna che l'arte è impotente a vincere quella natura; mentre poi non si vuole che sia migliorato ed ingrandito un porto che ha in suo favore natura ed arte. Se si desidera, si faccia il porto di Ostia; chi lo vedrà nascere lo vedrà morire: vada pure, chi crede, a seminar milioni in quelli ammassi di rena, ma non impedisca il miglioramento di quel porto che da venti secoli esiste, e che ha sempre e floridamente servito.

N.° 9.

1866

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mémoire sur la hauteur des vagues à la surface des océans: par* M. COUPVENT DES BOIS. (Extrait par l'auteur) (Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences. Paris 1866 tom. LXII, pag. 82-87) (*a*).

(Renvoi à l'examen de la Section de Géographie et de Navigation).

» On ne sait pas encore quelle est la plus grande hauteur qui puisse être assignée aux vagues (*b*), et l'on peut voir à ce sujet quelques renseignements donnés par Dumont d' Urville dans la partie historique de notre *Voyage* (t. II, p. 188 à 194), à propos d'une discussion sur laquelle nous n'avons pas à revenir ici.

» Nous ne nous occuperons que des vagues qui ont été vues et mesurées dans le cours de notre expédition.

» Pour mesurer ces hauteurs on montait dans les haubans, et on déterminait par le tâtonnement le point qui répondait à la tangente aux sommets des vagues les plus élevées. Ce point fixé, les dimensions connues du navire donnaient la hauteur des vagues au-dessus de la flottaison qui correspondait à l'horizon de la mer dans le creux de la vague.

(*a*) L'autore di questo importante articolo ebbe la fortuna di far parte della celebre spedizione al Polo sud e all' Oceania, comandata dall' illustre Dumont D' Urville, navigatore benemerito di tutte le marine ed onor del suo paese; il quale rispettato dal mare in mezzo ai più gravi pericoli delle ignote seccagne e corde di bassi, di che formicolano i mari sotto la zona torrida, e de' ghiacci galleggianti e stabili che coronano il polo sud, per breve gita di piacere sulla strada ferrata fu tolto al mondo con orribile morte!

Un articolo basato sopra giornali di cotale spedizione che tratta di uno de' miei argomenti, compilato da un ufficiale generale testimonio oculare, e che meritò benché giovane speciali elogi dal comandante della medesima, giusto è che sia posto ad arricchire il libro mio, quantunque già stampato. A. C.

(*b*) Per quanto io ho potuto, non ho mancato di rassegnare i dati per risolvere questo problema. Si veda dal numero 424 al 514, e lo specchio a carte 540, ove dò le misure dell'onde. A. C.

» Ces observations, classées et régularisées au moyen d'une courbe, nous ont permis d'établir les relations suivantes :

NUMÉROS d'ordre	ÉTAT DE LA MER.	HAUTEUR DES VAGUES en mètres.
0	Mer unie	0,6
1	Belle mer.	1,0
2	Petite houle . . .	1,5
3	Houle.	2,3
4	Grande houle. . .	3,3
5	Très-grosse houle.	4,7
6	Grosse mer. . . .	6,3
7	Très-grosse mer .	8,7 (c)

» On voit assez souvent deux systèmes de vagues se superposer en s'entre-croisant sous un angle plus ou moins ouvert ; elles répondent à des vents différents qui ont régné successivement.

» La longueur des lames a également été mesurée: l'exemple le plus remarquable a été observé le 6 juillet 1838.

» Des lames de 27 pieds furent reconnues avoir 500 mètres de longueur.

» L' état de la mer étant sur l' *Astrolabe* régulièrement noté six fois par jour, et les annotations étant celles du tableau précédent, nous avons pu en conclure la hauteur correspondante des vagues, puis la moyenne de celles-ci dans une zone quelconque

» Nous avons adopté les mêmes divisions de l'Océan que dans notre Mémoire sur les vitesses du vent, afin de pouvoir comparer cette vitesse avec la hauteur des vagues (*d*).

» Nous sommes arrivé aux résultats que voici :

(*c*) È mio dovere d'avvertire che nella medesima spedizione, dagli ufficiali e dall' ingegnere Dumoulin, si misurarono ancora delle onde di 10, 11, ed anche 12 metri di altezze. (Si vedano le pag. 184, 187, 191, e 362 del tom. 2.° del citato viaggio al Polo sud; ed i miei numeri 431 e 454). A. C.

(*d*) La Memoria a cui allude l' autore deve esser quella datacì per estratto nei *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.* Paris 1865, tom. LXI, pag. 933 e seg. Tale estratto vuole esser consultato, e spero che presto il pubblico conoscerà per esteso la Memoria non che questa di cui qui riproduco l'estratto. A. C.

LONGITUDES	HAUTEURS MOYENNES DES VAGUES EN MÈTRES :								
	ÉTAT DE LA MER PAR NUMÉRO et nombre d'observations.							NOMBRE total d'observations.	NOMBRE des vagues (e)
	0	1	2	3	4	5	6		
	SUR L'OCÉAN PACIFIQUE ÉQUATORIAL, DE 0 A 30 DEGRÉS DE LATITUDE								
75° à 110° O.	0	38	1	168	30	0	39	276	3, 5
110 à 140	0	213	12	9	0	0	0	234	2, 0
140 à 170	30	127	1	4	6	8	10	186	1, 5
170 à 160 E.	48	273	22	15	5	6	9	378	1, 2
160 à 130	180	966	27	66	20	12	34	1305	1, 2
130 à 100	53	1023	10	22	15	0	0	1123	1, 0
									1,73
	SUR L'OCÉAN ÉQUATORIAL.								
120 à 90 E.	0	76	14	76	20	0	12	198	2, 1
90 à 60	0	6	12	14	0	0	22	54	3, 6
60 à 30	0	92	7	44	0	0	19	162	2, 0
									2,57
	SUR L'OCÉAN ATLANTIQUE ÉQUATORIAL								
10 E. à 10 O.	0	52	12	14	0	0	0	78	1, 3
10 à 30	30	193	43	36	16	0	0	318	2, 0
30 à 50	0	55	2	37	23	0	0	120	2, 3
									1,87
Sur toute la zone équatoriale, de 0 à 30 degrés								4438	2, 0
Sur toute la zone, de 30 à 50 degrés de latitude.								1106	2, 2
Méridien d'Amérique { de 50 à 60 degrés de latitude . .								187	2, 1
Méridien d'Amérique { de 60 à 64 » »								294	2, 1
Méridien de la Nouvelle-Hollande { de 50 à 60 degrés latit.								78	4, 4
Méridien de la Nouvelle-Hollande { de 60 à 66 » ». .								114	2, 1

» De ce qui précède il résulte que :

» 1° Sur l'océan Pacifique équatorial, la hauteur moyenne des vagues diminue en allant de l'est à l'ouest, cette hauteur étant de trois à quatre fois plus grande près de l' Amérique que vers l'Asie.

» 2° Sur l' océan Indien équatorial, la hauteur moyenne des vagues est plus grande à son milieu que vers ses extrémités est et ouest.

(e) Qui vi deve esser di certo un errore di amanuense. Credo che debba leggersi HAUTEURS *des vagues*. A. C.

» 3° Sur l' océan Atlantique équatorial, la hauteur moyenne des vagues augmente de l'est à l'ouest, c'est-à-dire dans un sens contraire à ce qui se passe sur l'océan Pacifique.

» 4° La hauteur moyenne des vagues est à peu près la même à toute latitude ; quand on prend en considération la zone entière et parallèle à l' équateur, cette moyenne est de 2 mètres environ.

» 5° Cette hauteur moyenne se réduit à 1 mètre dans la partie de l'Océan plus ou moins protégée par les terres.

» 6° Les vagues les plus élevées ont été observées entre la Nouvelle-Hollande et la terre Adélie, de 50 à 60 degrés de latitude. Leur moyenne est plus que double de la moyenne générale; elle offre ainsi une exception remarquable à la quatrième conséquence ci-dessus.

» Il se présente d' autres anomalies, même très-fortes, losque l'on compare la vitesse moyenne du vent avec la hauteur des vagues. Cet dernière ne dépend pas seulement de la force, mais aussi de la permanence de direction des courants aériens à la surface de la mer.

» Cette considération explique pourquoi les vagues ont une hauteur moyenne à peu près constante sous toutes les latitudes, quoique la vitesse moyenne du vent soit plus forte dans les hautes latitudes.

» Au reste, voici cette correspondance entre les vents et les vagues telle qu' elle résulte des nombres ci-dessus et de ceux de notre neuvième Mémoire.

Comparaison entre la vitesse du vent et la hauteur des vagues en pleine mer.

	LONGITUDES.	VITESSE du vent.	HAUTEUR des vagues.	RAPPORTS entre cette vitesse et cette hauteur.
	° °			
Océan Pacifique équatorial	75 à 110 O.	4, 7	3, 5	1,34
	110 à 140	4, 2	2, 0	2,10
	140 à 170	4, 4	1, 5	2,93
	170 O. à 160 E.	4, 1	1, 2	3,42
	160 à 130	4, 0	1, 2	3,33
	130 à 100	3, 2	1, 0	3,20
Océan Indien équatorial	120 à 190	4, 8	2, 1	2,29
	90 à 60	7, 9	3, 6	2,06
	60 à 30	4, 8	2, 0	2,40
Océan Atlantique équatorial.	10 E. à 11 O.	5, 7	1, 3	4,39
	10 à 30	4, 1	2, 0	2,05
	30 à 50	4, 6	2, 3	2,00
	LATITUDES.			
	° °			
Nord et sud	39 à 50	4, 3	2, 2	1,95
Méridien d'Amérique	50 à 60	4, 6	2, 1	2,15
Méridien Nouvelle-Hollande	50 à 60	5, 8	4, 4	1,32
Méridien d'Amérique	60 à 64	7, 6	2, 1	3,62
Méridien Nouvelle-Hollande	60 à 66	7, 3	2, 1	3,15
Moyennes générales		5, 1	2, 0	2,59

» L'irrégularité des rapports de la dernière colonne montre suffisamment que l'expérience ne peut rien apprendre ici à la théorie sur la rélation qui existerait entre la hauteur des vagues et la vitesse des vents, si ces derniers étaient constants en direction (*f*).

» Nous pouvons constater ce seul fait :

» Une vague de 2 mètres de hauteur répond à un vent de 5 mètres par seconde, terme moyen, et dans l' hypothèse que le carré de la vitesse du vent serait proportionnel aux

(*f*) Ove si ripetano altri lavori del genere di questo e vengano compilati sopra dati di altre spedizioni simili, nutro fiducia che le indicate irregolarità potrebbero diminuire; e l'uso a bordo dei misuravento può in fine far decidere la questione. Si rammenta al lettore quanto è avvertito in proposito dal num. 514 al 521.

Io credo che l'autore avrebbe fatto bene a darci ancora i risultamenti di tutte le lunghezze misurate delle onde, la velocità di esse, e le corrispondenti pressioni atmosferiche. Di questi due ultimi elementi egli non fa parola, e del primo cita un solo esempio. Vero è che egli ha già fatto molto, e dobbiamo essergliene grati : speriamo che continui, ed altri lo segua. A. C.

cubes de la hauteur des vagues, on pourrait former le tableau suivant, indiquant la correspondance effective entre la vitesse du vent et la hauteur des vagues, lorsqu'aucune circonstance particulière ne vient la modifier.

VENTS.	VITESSE du vent	HAUTEUR de la vague	ÉTAT DE LA MER.
	mètres.	mètres	
0. Calme moyen.	1	0,7	Unie.
1. Faible brise	3	1,4	Belle.
2. Petite brise	5	2,0	Petite houle
3. Jolie brise.	8	2,7	Houle.
4. Belle brise.	13	3,8	Grande houle.
5. Forte brise	21	5,2	Très-grande houle.
6. Grand frais	33	7,0	Grosse mer.
7. Tempête	50	9,3	Très-grosse mer
8. Ouragan	73	12,0	Mer furieuse.

» Les hauteurs des vagues ainsi conclues de la vitesse des vents, quoique un peu plus fortes que celles déduites ci-dessus de la mesure directe, ne s'en éloignent guère, et représentent bien l'ensemble des phénomènes de cette nature.» (*g*).

(*g*) Credo in fine dover notare che l'altezza di metri 12 è stata misurata in questa stessa spedizione, senza aver essa maneggiate delle perduranti tempeste né degli uragani. (Si veda la dichiarazione del Commandante della medesima a carte 191 del tomo citato.).

FINE

CATALOGO

PER ORDINE ALFABETICO DEGLI AUTORI E DELLE OPERE QUI CITATE.

*La prima cifra indica la pagina delle opere medesime; la seconda, messa tra parentesi, indica il numero di questo libro; l'asterisco * indica le giunte fatte in questa seconda edizione.*

A

* Abati Olivieri-Giordani (Annibale degli): *Memorie del Porto di Pesaro.* Pesaro 1774; pag. 22 e 23 (1353).

Acton (C.): *Miscellanee marittime.* Napoli 1851; V. I. p. 177 e 178 (166), 541 (167), 550 (439), 178 (589), 180 (701), 541 e 542 (749), 542 (752), 177 e 178 (1108).

Afan de Rivera (C.) *Del bonificamento del lago di Salpi* ec. Napoli 1845; pag. 363 (153), 264 (1411), 375 e seg. (1516).

Progetto della restaurazione dell' emissario di Claudio e dello scolo del Fucino. Napoli 1836; p. 6 (694), 6 (1365).

* Agrippa (Camillo milanese): *Nvove inventioni sopra il modo di nauigare.* Roma MDXCV; pag. 34 (406).

Aimé (G.): *Exploration scientifique de l'Algérie. Recherches de physique générale sur la Méditerranée.* Paris 1845; p. 193, 200, 198 e 201 (22), 201 (23), 195 a 197 (648), VII (1216), IV (1273). Per le maree, pag. 12 (1252 a 1260), e gli *Annales de Chim. et de Phys.* Paris 1840; t. 73 pag. 421 e 422 (1258): e per la *Réclamation de priorité* si vedano i Comptes rendus de l'Acad. des sc. 1844; tom. 18 pag. 222, e 438 a 440 (1252).

Airy (G. B.): Estratto degli atti inserito nel *Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay.* London 1846 pag. 40 e 41 (60-62). Questo celebre astronomo ha inoltre pubblicato fin dal 1835 nella *Encyclopaedia metropolitana*, tomo V articolo *Tides and waves*, una estesa Memoria sul moto ondoso del mare. In essa, come rilevo in de Caligny (*Journal de mathématiques* del Liouville, t. XV, p. 193), ha dato in inglese un' analisi dell' opera alemanna dei fratelli Weber su le onde. Ad onta delle più accurate ricerche non mi è stato possibile trovare in Toscana, nè in Roma, la suddetta enciclopedia, quindi non ho avuto il vantaggio di studiare la intera Memoria di Airy.

* In seguito, in corso di stampa, ulteriori ricerche mi hanno messo in possesso del citato lavoro dell'Airy: ecco il titolo degli articoli di lui, estratti dalla Enciclopedia metropolitana e riuniti in un sol volume. *Trigonometry. On the figure of the earth. Tides and waves.* Londra 1842 pag. 350 e 351 § 416 (62), 351 § 416 (633).

* Amico (S. di): Citato dal de Ritis nell'opera sul *Porto di Catania* pag. 53 e 54 (168).

* Anson (G.): *Voyage autour du Monde fait* en 1740-44. Amsterdam et Leipzig, pag. 86 (383).

Arago (F): *Mer de varec* (Annuaire pour l'an 1839. Notice scientifiques) (254), *Rap. fait à l'Acad. des scien. sur les travaux scientifiques exécutés pendant le voyage de la frégate la Venus* etc. (Ann. marittimes etc.) Paris 1840; t. II. p. 776 (1107), 751 (1136).

* *Instructions, rapports et notices sur les questions à résoudre pendant les voyages scientifiques.* Oeuvres. Paris, tome neuvième, 1857; p. 54 e 55 (226) 55 (234), 68 (254), 55 (408), 549 (416), 549 (422), 277 (430), 549 (592), 271 (855), 106 (894), 560 e 561 (911), 422 (912), 290 e 291 (938), 290 (938), 280 (938), 281 (938), 109, 110, 314, 560 e 701 (940), 488 (941), 487 (947), 551 e 552 (1047), 270 (1070), 272 (1099), 613 (1099), 234 e seg. (1107), 247 (1139), 271 (1270).

Archiac (A. d'): *Histoire des progrès de la Géologie de* 1834 *à* 1845. Paris 1847; tom. I. pag. 147 (38), 146 e 147 (619), 395 (1440), 406 (1458).

Note sur les formations dites pélagiques, et sur la profondeur à laquelle ont dû se déposer les couches de sédiment. (Bulletin de la société géologique de France) Paris 1843, pag. 520 (849).

* *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique, cours professé au Muséum d'Histoire naturelle. Connaissances générales qui doivent précéder l'étude de la paléontologie et phénomènes organiques de l'époque actuelle qui s'y rattachent.* Paris 1864, tome second; p. 255 (930), 281 (930), 256 (931), 271 (931), 262 (932), 335 (1441), 204 (1446), 233 (1457): tome premier pag. 310 (1450), 260 (1460), 27 e 26 (1471), XXI (1477).

* *Leçons sur la Faune quaternaire* etc. Paris 1865; pag. 190 (1462), 133 (1484).

* Argonaut. *Height of waves considered.* (The nautical magazine etc.) London 1835; vol. IV pag. 609 e 610 (446-449). In aggiunta al sopra citato articolo, 609 (1054), 609 e 610 (1055 e 1056).

* *Remarks on the action of the waves on large Steamers crossing the North Atlantic* etc. (The nautical magazine etc.) London 1842; pag. 624 (450).

* Ariosto (L.): *Orlando furioso*, Canto XIX; ott. 51 e seg. (1198).

Aristotile: Citato dal Marmocchi, nella geografia a suo luogo notata, tom. 3.° pag. 366 (252).

* Arpesani (Giustino): Note all'opera del Beudant - *Corso elementare di storia naturale* da lui tradotta. Geologia. Milano 1861; pag. 129 (1492).

Auniet: *Note sur les ports de l' État romain* (Annal. des pont. et chaus. tom. VII,) Paris 1834, sem. 1; pag. 151 (717).

* Austen: Citato dal d'Archiac nell'opera *Introduction à l'étude de la Paléont.* a suo luogo registrata. Paris 1864; tom. 2.°; pag. 207 e 192 (1468).

B

Babron (J.-B.-A.): *Précis des pratiques de l' art naval* etc. Brest 1817; p. 243 (426).

* Back: Citato da Dumont d' Urville nel viaggio al *Pole sud* a suo luogo registrato tom. 2.°; pag. 193 (452).

* Bailey: Vedi Maury nell' indirizzo annuale, 1854, a suo luogo registrato; pag. 18 (1432).

* Citato dal d'Archiac nell'opera: *Histoire des progrès de la Géologie* a suo luogo registrata tom. I, p. 396 (1474).

* Bankine (W. J. Macquorn): *On the exact form of Waves near the surface of deep Water.* (Philosophical transac. of the royal society). London 1863, Vol. 153, Par. 1.ª; pag. 127 a 139 (69 e 70).

* *Sur les propriétés de certaines lignes de flot.* (Les Mondes). Paris 1864; tom. VI; pag. 502 (71).

* Baudin (L. S.): *Manuel du Pilote de la mer Méditerranée.* Toulon 1838. Deuxième partie; pag. 10 (645), 11 (1259).

* Baumgarten: *Rapporto al sig. Ministro dei lavori pubblici sopra diversi lavori di colmate, di esiccazioni e di irrigazioni eseguiti in Italia.* (Annali delle opere pubbliche e dell'architettura). Napoli 1853, Anno 3.°; pag. 190 (1512), 189 e seg. (1517). Ovvero: (Annales des ponts et chaussées). Paris 1853, 1.er semestre, pag. 289 e 290 (1512).

Bayfield: Citato dal Redfield nell'opera a suo posto notata pag. 511 (239).

* Bazin: *Mémoire sur les remous et sur la propagation des ondes* (Rapport; Comptes rendus etc., tom. 57) Paris 1863; pag. 302 (35).

Beaumont (Elia de): *Leçons de géologie pratique.* Paris 1845 tom. I; pag. 224 (659), 137 (892), 222 (1221), 319 (1300), 232, 240, 248 e 242 (1304), 344 (1351), 237 (1360), 358 (1384), 199 (1465), 200 (1466).

Bulletin de la societé géologique de France. Paris 1846; pag. 249 (1360).

* *Remarques à l'occasion des Observations de M. Siau.* (Comptes rendus etc.) Paris 1841; tom. XII, pag. 776 (619).

Beautemps-Beaupré: *Exposé des travaux relatifs à la reconnaissance*

hydrographique des côtes occidentales de France. Paris 1829; p. 23 (609), 23 (812).

* Beccari: Citato dal Brocchi nell'opera: *Conchiologia* ec. a suo luogo registrata, pag. XXXI (1471), e dal d'Archiac nell'opera: *Introd. à l'étude de la Paléontologie* etc. a suo luogo posta. Tomo 1.° pag. 27 (1471).

Beche (Sir H. de la) : *Récherches sur la partie théorique de la géologie.* Bruxelles 1839, pag. 27 (40), 26 (41), 106 (926), 25 (1269), 26 (1290), 28 (1301), 87 (1309).

L'art d'observer en géologie. Paris 1838 ; pag. 34 (1272).

Manuel géologique. Bruxelles 1837; pag. 65 (727), 87 (1290).

* *Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques.* Paris 1839; p. 68 (1313).

* *The geological observer.* Second edition, revised. London 1853; p. 89 (41), 144 (918), 153 (921), 163 e 164 (1425), 163 (1464).

* Becher (A. B.): *Bottle papers.* (Nautical Magazine etc.) London 1843 ; pag. 181 a 184 (1030).

* Beechey (F.W.): *Report from the select committee on harbours of refuge.* London 1852; pag. 4 (276).

* Citato dal Pilla nell' opera – *Trattato di geologia* a suo luogo registrata; parte seconda, pag. 46 (1441).

Belidor: *Architecture hydraulique.* Paris 1753; II. partie liv. 3. ch. 10, art. 822, p. 172 (523).

Bellinger: *Observations sur la forme qu'il convient de donner aux ouvrages à la mer.* (Annal. des pont. et chaus.) Paris 1849 ; I. sem. pag. 336 (1166), 334 (1591).

Bérard: *Descriptions nautique des côtes de l'Algerie.* (Annal. maritimes etc.) Paris 1837; tom. 2.° p. 250 (1122).

* Citato dal de Tessan nel tomo V della parte fisica del viaggio della Venere a suo luogo notato p. 128 (509).

* Citato dall'Arago nelle sue Opere. Paris 1857; tom. IX, pag. 488 (905), 487 e 488 (952).

Bernard: *Cours de construction des ports.* Ecole royale des ponts, et chaussées. Session 1842–43. In litografia (1107), pag. 6 Plan. 1. fig. p. (704), pag. 14 (1361).

* Citato da Le Bourguignon–Duperré nell'opera a suo luogo notata pag. 386 (1215).

* Berryman: Vedi Maury nell' Indirizzo annuale, 1854; a suo luogo citato, pag. 18 (1432).

* Berthoud (S. Henry): *Le monde des Insectes.* Paris (credo nel 1864 perché, per mal vezzo, non porta data); pag. 251 (1445).

* Bertrand (J): *Notes* alla *Mécanique analytique par J. L. Lagrange.* Inserite nella terza edizione di essa Meccanica. Paris 1853; tom. 2.° p. 357 (130).

* Beudant (F. S.): *Corso elementare di storia naturale.* Geologia. Traduz. del D.r Giust. Arpesani. Milano 1861, pag. 102 (1446).

* Bézout e de Rossel: *Traité de navigation.* Paris 1814 (1105).

* Lo stesso Bezout: *Rapport à l' Accadémie des sciences*, unitamente a Le Monnier, intorno alle *Remarques sur le pilotage par M. de Goimpy* (inserito in calce all'appendice dell'*Abrégé du pilotage*, par le Monnier. Paris 1766) du 12 Juin 1765; p. 31 e seg. (1042). Vedi de Goimpy.

* Bianchi (G.): Citato dal Brocchi nell'opera: *Conchiologia* ec. a suo luogo posta, pag. XXXVII (1471) e dal d'Archiac nell'opera: *Introduction à l'étude de la Paléontologie* etc. a suo luogo notata, tom. I, pag. 27 (1471): tom. II, p. 366 (1473).

* Bianconi (Giuseppe): *Del calore prodotto per l'attrito fra fluidi e solidi in rapporto colle sorgenti termali e cogli aeroliti.* Bologna 1862 (833).

Bidone: *Expériences sur le remou et sur la propagation des ondes.* (Memorie della reale accademia delle scienze di Torino), tom. 25, 1820; pag. 111 (3).

Expériences sur la propagation du remou (Memorie dell' accademia citata 1825, t. 30, p. 287 e seg. (3, 137 e 138).

* Biot (J. B.): *Rélation du voyage de découvertes exécuté par ordre des États-Unis d'Amérique* etc. (Journal des savants, décembre 1848 e février 1849). Estratto p. 40 e 41 (1247).

* Blay (T. W.): Citato dal Reid nell'opera a suo luogo registrata p. 40 (360).

* Blerzy: Citato dal Moquin-Tandon nell'opera a suo luogo notata pag. 79 (1475).

* Boblaye (Puillon de) et Théodore Virlet: *Expédition scientifique de Morée* tom. II, 2ª partie *Géologie et minéralogie.* Paris 1833; pag. 340 (697), 337 (1239).

* Boccaccio (Gio.): Citato dal Brocchi nell'opera: *Conchiologia* ec. a suo luogo notata pag. III (1470) e dal d' Archiac nell' opera: *Introduct. à l'étude de la Paléont.* a suo luogo notata, tom. 1.° pag. 14 (1470).

* Boccardo (Gerolamo): *Le terre e le acque dell' Italia*, saggio popolare elementare di geografia fisica di questa contrada. Milano 1865. Parte seconda § 3 (1262).

* Bonnefoux (de): *Dictionnaire de marine à voiles et à vapeur. Marine à voiles.* Paris 1848; 2.ª edizione alla voce *Lame* (1115).

* Il medesimo alla voce *Courant* (1233).

* Bonnet (Carlo): Citato dal Moquin-Tandon nell'opera a suo luogo registrata pag. 367 (1494).

* Bonnin (Giuseppe): *Travaux d' achèvement de la digue de Cherbourg de* 1830 a 1853 etc. Paris 1857; pag. 60 (663), 60 e 61 (683), 115 e 116 (684), 178 (685), 178 (686), 179 (686), 41 (689).

* Bontekoe (Guillaume Isbrantsz): *Voyage aux Indes orientales.* Vedi la gran collezione di Viaggi del Prevost, a suo luogo registrata. Paris 1701; tom. ottavo, pag. 444 (491).

* Borda (de): facente parte del viaggio di de Verdun de la Crenne a suo luogo notato ed ivi citato (1046).

Borelli: *Relazione sopra lo stagno di Pisa* (Raccolta d' autori italiani che trattano del moto delle acque). Bologna 1822; tom. III, pag. 328 (125 e 126).

* Borro (Girolamo): *Del flusso et reflusso del mare et dell'inondatione del Nilo.* Fiorenza 1577; pag. 120 e 121 (933).

Boscovich (R): *Del porto di Rimini* (Rac. cit. d' aut. ital. ec.) Bologna 1823; t. VII, p. 355 (123), 362 (123), 379 (124), 381 (801), 362 e 363 (1354), 362 (1369), 370 (1550),

* *Dissertatio de maris aestu.* Romae MDCCXLVII; p. VI (1253).

* Bosio (Jacomo) *Della Istoria della sacra religione et militia di san Giovanni Gerosolimitano, ampliata et illustrata dall'autore medesimo* in fol. Roma 1602 – 21. Tom. III, p. 218 (643).

* Bouët-Willaumez (E): *Description nautique des côtes de l'Afrique occidentale comprises entre le Sénégal et l'Équateur.* 2.ª édition, Paris 1849; pag. 3 (880), 25 e 217 (1123), 5 e 195 (1179).

* Bougainville (de): *Voyage autour du monde par la frégate du Roi la Bordeuse* etc. Paris, seconda edizione in 4.° 1772; tom. primo pag. 67 (337).

* Citato da Bremontier nell'opera a suo luogo notata, § 38 (597).

* Bougainville (de, figlio): *Journal de la navigation autour du globe de la frégate la Thètis et de la corvette l'Espérance* en 1824–1826 etc. Paris 1837; tom. 1.° p. 49 e 731 (273); tom. 2.° 127 (273); tom. 1.° 155 e 395 (304), 424 (334), 425 e 198 (614), 50 (637), 292 (881), 728 (882), 728 (883), 664 e 665 (1058), 174 (1079), 250 e 556 (1163).

* *Observations, astron. météorol.*; inserite nel tom. 2.° del citato *Journal*; pag. 107 (1025), 148 e 149 (1163).

* Bouguer: *Nouveau traité de la navigation.* Paris 1753; (1105) pag. 98 a 105 (1045).

* *Essai d'optique sur la gradation de la lumière.* Paris 1729; pag. 12, 14 e 81 (934 e 935).

* Boullanger: Citato da Freycinet nel viaggio di scoperte alle terre australi a suo luogo registrato. Paris 1815; pag. 186 e 187 (667).

Bouniceau: *Étude sur la navigation des rivières à marées* etc Paris 1845; pag. 40 a 42 e 94 (16).

* Bouquet (de la Grye): *Rapport sur l'exploration de Rochebonne* etc. (Annales Hydrographiques.) Paris 1859; tom. 16.° pag. 647 (497).

Bourdaloue: citato da Pouillet nell'opera a suo luogo notata t. I, pag. 101 (237), e da F. de Lesseps nella memoria - *Percement de l'isthme de Suez* etc. Paris 1855; pag. 85 a 87 (237).

* Bourdase: *Haut-fond dans le canal de Mozambique.* (Ann. Hydrogr.) Paris 1864; 1.° trim. pag. 228 e 229 (956).

* Bourgois (J.): *Mémoire sur la résistence de l'eau au mouvement des corps et particulièrement des bâtiments de mer.* Paris 1857; pag. 234 (34), 171 (514).

* *Renseignements nautiques recueillis à bord du Duperré et de la Forte pendant un voyage en Chine* (Ann. Hydrogr.) 1863; tom. 23 p. 123 (278), 124, 142 e 144 (640), 118 (733).

* *Réfutation du système des vents de M. Maury.* Paris 1863; p. 57 (279), 10 (284), 66 (808), 102 (1088).

* Boutroux: *Guide du marin. Résumé des connaissances le plus utiles aux marins.* Paris 1863; p. 316 e 317 (504 e 505), 192 (514).

Boyle (R.): *Dictionnaire des sciences naturelles, par les prof. du Jardin du Roi*, tom. 35 artic. Océan. Citato dal Marsigli pag. 48 (116).

Bravais: dal Frapolli nell'opera a suo luogo citata pag. 640 (607).

Bremontier: *Recherches sur le mouvement des ondes.* Paris 1809; § 41 (8), § 39 (203), § 40 (222), § 56, 54 e 57 (424), § 33 (536), § 34 (537), § 38 (597), § 29 (620), § 35 (665), § 31 (731), § 32 (805), § 39 (811), § 44 (848), § 37 (1207), § 102 (1203), § 109 (1215), § 62 (1303).

Bretonnière (de la): citato dal de Cessart nell'opera più sotto notata, tom. II, pag. 174 e 254 (1216).

* Bridet: *Un Cyclone à la Réunion* etc. (Ann. hydrogr.) Paris 1860; tom. 18. pag. 263 (248).

Brighenti (M.): *Sulle comunicazioni per acqua e per terra* ec. (Esercitazioni dell'accademia agraria di Pesaro: genn. 1829, p. 22 (1378), 22 (1514). *Analisi ragionata* dell'opera del Tadini; *Di varie cose alla idraulica scienza appartenenti* (Biblioteca italiana) t. LXV, anno 17, Milano 1832; p. 74 (144). La medesima riprodotta nelle *Ricerche geometriche ed idrometriche.* Seconda ediz. con note ed aggiunte. Pisa 1862, p. 56 e 57 (1378).

* *Lettere sul porto di Pesaro.* Roma 1857, in litografia. Lettera del 28 maggio 1857; p. 6 (145).

* Lettera del 4 settembre 1857; p. 33 a 36 (145).

* *Sulla corrente littorale dell'Adriatico.* 1859. Memoria inserita nel volume delle *Ricerche geometriche ed idrometriche* etc. Seconda edizione con note ed aggiunte ec. Pisa 1862; p. 259 (147), 259-261 (1142), 258 (1355), 256 e 257 (1378), 258 (1378).

* *Sulla corrente littorale di seguito alla Memoria del commendator Paleocapa.* 1861. Inserita nel ripetuto volume pubblicato in Pisa nel 1862; p. 295 (146), 295 (1378).

* Si veda l'Appendice alle pag. 598 e 599.

* Brocchi (G): *Catalogo ragionato di una raccolta di rocce disposto con ordine geografico per servire alla geognosia dell' Italia.* Milano 1817; pag. 78 (1488).

* *Conchiologia fossile subapennina con osservazioni geologiche* ec. Milano 1814, tom. 1.° pag. 158 (1469), tom. 2.° pag. 672 (1481).

* Citato dal d'Archiac nell' opera: *Introduction* etc. a suo luogo notata tom. 1.° pag. 49 (1479).

Broderip (W. J.): citato da de la Beche, nell'opera - *Recherches* etc. a suo luogo notata pag. 183 (850).

* Brooke: Vedi Maury nell' Indirizzo annuale a suo luogo registrato, pag. 18 (1432).

* Broughton (W. R.): *Voyage de découvertes dans l' Océan pacifique pendant les années* 179-98. Paris 1807; tom. 2.° pag. 11 (866), 143, 144 e 157 (867).

* Brunacci: *Trattato di navigazione.* Livorno 1819 (1105).

* Bucchia (Gustavo): *Del profilo convenevole ai muri di rivestimento dei terrapieni piantati sulla spiaggia del mare.* (Memorie dell' I. R. Istituto veneto di scienze lettere ed arti). Venezia 1863. Vol. undecimo, parte seconda, pag. 309 (688).

* Buch (Leopoldo de): Citato da Zurcher e Margollé nell'opera *Les tempêtes* a suo luogo registrata pag. 131 (277).

* Buffon: Citato dal d'Archiac nell'opera: *Introduction a l'étude de la Paléont.* a suo luogo registrata; tom. 1.° p. 308 e 309 (1449).

* Byron: *Rélation d' un voyage fait autour du monde dans les années* 1764-67 inserita nella (Relation des voyages entrepris par ordre de sa majesté Britannique etc.) in 4.° Paris 1774; tom. 1.° p. 10 (862), 12 e 13 (824), 61 e 62 (1150).

C

* Caillet (V.): *Traité élémentaire de navigation à l'usage des officiers de la marine militaire* etc. Paris 1857; 2.e edition (1105).

Caligny (Anatole Hue de): *Expériences ayant pour but de concilier les hypothèses sur le mouvement intérieur des flots dans les courbes ouvertes et dans les courbes fermées.* (Comptes rend. etc. de l'acad. des scien.), tom. 16, 1843, pag. 381 (25), 383 (27).

Expériences sur une nouvelle espèce d'ondes liquides à double mouvement

oscillatoire et orbitaire (Journal de mathématiques pures et appliquées etc. publié par Joseph Liouville), tom. XIII, Paris 1848; pag. 93 (24), 91, 93, 100, 96, 103, 108, 109; 92, 100 e 110 (dal 25 al 30); (101); 107 e 99 (220), 103 (347), 97 (1104), 100 (1145), 103 (1546).

* Si veda l'Appendice dalla pag. 601 alla 632.

* Calver (E. K): *Mer du Nord.* 1.° partie traduction par M. A. Le Gras: Paris 1859; p. 5 e 6 (374), 18 (567), 40 (568), 86 e 87 (569), 2 (668).

* *On the construction and principle of a Wave screen, designed for the formation of Harbours of refuge.* London 1858; p. 6 e 7 (740), 9 (838).

* Cappetta (D.): Citato dal de Ritis nell'op. *Il porto di Catania* a suo luogo registrata; pag. 53 e 54 (168).

* Carew: Citato dal de la Beche nell'opera - *The geological observer*, a suo luogo notata. Londra 1853; pag. 163 (1464).

* Carradori: *Della fertilità della terra*, quinta edizione pag. 62 (920).

* Carteret: *Relation d' un voyage fait autour du monde dans les années* 1766-69, inserita nella Relation des voyages entrepris par ordre de sa majesté Britannique etc. Paris 1774; in 4.° tomo 1.° p. 204 (329), 255 (863).

Casoni (G.): *Sopra una contro-corrente marina* ec. (Memoria inserita nel tomo I, delle Memorie dell' I. R. Istit. Veneto di scien. ed arti). Estratto, Venezia 1843; p. 12 (1268), 9 (1391).

Castelli: *Considerazioni intorno alla laguna di Venezia* (Rac. d'aut. italiani che trattano del moto delle acque). Bologna 1826; tom. III, p. 186 (108), 186 (1368), 194 (1371).

* Copia della lettera al sig. Galileo Galilei ec. (Racc. d'aut. italiani citata) tom. III, pag. 162 (241).

* Catullo (A.): *Trattato sopra la costituzione geognostico-fisica dei terreni alluviali e postdiluviani delle province venete.* Padova 1838; p. 286 (1258).

Cauchy: *Théorie de la propagation des ondes* (Recueil de l'acad. des scien.). Paris 1827; t. I, (3), pag. 90 (130), 90 (204).

* Cavalieri San Bertolo (N.): *Del primato italiano nella scienza idraulica. Discorso* letto il dì 15 novembre dell' anno 1863 alla pontificia Accademia Tiberina. Roma 1863. (193).

* *Istituzioni di architettura statica e idraulica* § 789 (1551).

* Cervati (D.): *Del miglior sistema di costruzione de' porti progettato dal signor Giuliano De Fazio.* Napoli 1831; pag. 81 e 84 (175).

* *Rapporto e progetto da ridurre l'ancoraggio di S. Eufemia, a sicuro ed ampio porto.* (Annali delle opere pubbliche già citati). Napoli anno 1858-59; pag. 228, 220 e 224 (175), 292 (176), 219 (1299).

* *Progetto di un gran porto mercantile con dock-entrepot da costruirsi in Napoli* ec. Napoli 1860; p. 7 e 8 (177), 14 (178).

* Caesar (C. J.): *Commentar. de bello gall. lib. V, cap. I* (708).

* Citato dallo Jal Augusto nell'opera - *La flotte de César* etc. Paris 1861; pag. 45 (708).

Cessart (de): *Description des travaux hydrauliques*. Paris 1808; t. II, p. 193 (523), 174 e 254 (1216).

* Chabert (de): *Voyage fait par ordre du Roi en* 1750 *et* 1751 *dans l' Amerique septentrionale* etc. Paris 1773 ; in 4.° pag. 21 (243), 72 (244), 35, 36 e 37 (623-626), 56 (898), 119 (1118).

Chanzallon: *Annuaire des marées des côtes de France*, pour l' an. 1839 (Annal. marit.) Paris 1838; tom. 2.° pag. 1292 (1144).

* Chenu (J. C.): *Leçons élémentaires sur l' histoire naturelle des animaux* etc. Paris 1847; pag. 103 (1478).

* Chevallier: Citato dal Plocq nell'opera a suo luogo registrata pag. 51 e 52 (1316, 1317 e 1417).

* Chiminello: Accademia di Padova tom. II. (1256).

* Cic. *De Divinat.* Lib. II, Cap. XXXIV (1252).

Ciscár (F.): *Reflexiones sobre las máquinas y maniobras del uso de á bordo*. Madrid 1791; pag. 321 (90), 299 (91).

* Ciscár (G.): *Curso de estudios elementales de marina* : T. IV che contiene il *Tratado de pilotage*. Madrid 1834; (1105).

Clarke: Citato dallo Smyth nell' opera a suo luogo notata pag. 281 (241).

Cocconcelli (A.): *Istituzioni d' idraulica teorico-pratica*. Parma 1832; tom. I, artic. II, pag. 349 e seg. (148).

Collegno (G.): *Elementi di geologia pratica e teorica*. Torino 1847; p. 41 e 42 (157), 45 e 51 (158), 428 (1271), 42 (1365).

Colombo : in Navarrète, *Colleccion de los viages y descubrimientos de los Españoles* ec. tom. I, p. 260. Marmocchi *Raccolta di Viaggi* ec. Prato 1841, tom. II, p. 39 (242); t. I, p. 146 (253-255), 147 (803).

* Citato da Humboldt nell'opera: *Examen critique* etc. a suo luogo notata tom. 3.° p. . . (256), 230 e 231 (847).

Citato dallo Sponsilli nell'opera: *Disamina di otto memorie* ec. appresso notata p. 136 (906).

* Combes: Citato dai Compilatori della *Guide du Marin*. Paris 1863; pag. 192 (514). Ovvero: Annales des mines, tom. XIII, 1838, pag. 103 (514).

* *Commissione internazionale*: Percement de l' isthme de Suez; *Rapport et projet*, etc. Paris 1856; pag. 108, 114 e 115, 96 e 101, 112, 118 e 123, 98 (102 e 844),109 (1201), 98 (1413), 122 (1587).

* Comoy : citato da Lombardini nell' opera – *Dell' origine e del progresso della scienza idraulica* ec. a suo luogo notata, pag. 552 (246).

* Compilatori della *Guide du marin*. Vedi De Kerhallet, de Fréminville, Boutroux, Terquem, e Ch. Laboulaye.

* Compton : in Horsburgh nelle - *Instructions nautiques* a suo luogo segnate. Tom. 1.° p. 290 e 291 611).

* *Conférence maritime tenue à Bruxelles pour l' adoption d' un système uniforme d'observations météorologiques à la mer.* Inserita nelle Instructions nautiques destinées à accompagner les Cartes de vents et de courants del sig. Maury. Traduzione del sig. Ed. Vaneechout, Paris 1859; pag. 134 e seguenti (217).

* Conrad (F. W.) : Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104).

Conti (C.): *Del moto ondulatorio.* (Giornale Euganeo di scienze ec.) Padova 1847; quaderno II, pag. 179 (160), 180 (214).

* Coode (Jno.): *Report of the commissioners ..... on harbours of refuge.* London 1859; vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

* Citato dal Calver nell' opera *Wave screen*, a suo luogo registrata pag. 7 (746).

* Cook: *Voyage fait autour du monde dans les années* 1768 *à* 1771. (*Relation des voyages entrepris par ordre de sa majesté britannique* etc.). Paris 1774 ; in 4.°, tom. 2.°, p. 265 (338), 383 (1170).

* *Voyage dans l'Hémisphère australe et autour du monde fait en* 1772, 73, 74 e 75 *Paris* 1778; tom. 4.° p. 52 (286), tom. 1.° 144 (330), tom. 2.° 92 (820), tom. 3.° p. 229 e 230 (1151), 331 (1152), 315 (1153), tom. 4.° p. 148 (1061), 130 (1153).

* *Troisième voyage, ou voyage à l' Océan pacifique* etc. Paris 1785; tom. 1.° p. 59 e 60 (1061); tom. 3.° 364 (1154), 368 e 371 (1154), tom. 4.°, p. 2 (1154).

* *The voyages of captain James Cook round the world.* London 1813; in dodicesimo, volume III, p. 48 (1061), vol. V, p. 110 (1111).

* Citato dal de Fleurieu nel viaggio di Marchand a suo luogo rigistrato. Tom. 3.° anno VIII pag. 110 (601).

* Citato da D' Urville nell'opera - *Voyage au pole sud* a suo luogo notata tom. secondo pag. 192 (428).

Coraucez (de): *Téorie analitique du mouvement de l' eau dans les vases.* Paris 1830, (3).

* Coronelli (Padre Maestro): *Prima parte dello specchio del mare.* Venetia 1698; pag. 36 (584).

Coudraye (de la): *Théorie des vents et des ondes.* Paris an. X; *théorie des ondes* §. 9 (8), § 13 (424), § 13 (427), § 5 (620), § 12 (1050), § 13 (1051), § 13 (1051 e 1052), § 5 (1203).

* Courtanvaux (de): *Journal du voyage sur la frégate l'Aurore pour essayer,*

par ordre de l'Académie, plusieurs Instruments relatifs à la Longitude. Paris 1768 pag. 38 (1042).

* Couto (M. V. Do): *Astronomia spherica e nautica.* Lisbona 1839; (1105).

* Crescentio (Bartolomeo): *Nautica mediterranea.* Roma 1607 (1105).

* Crozet: *Nouveau voyage à la mer du sud* etc. Paris 1783; p. 220 (317), 11 e 14 (868).

D

* Daguenet: Citato dal Rossi nell'opera – *Su certi fenomeni marittimi* ec. a suo luogo registrata. (Annali delle opere pubbliche e dell'architettura, Anno VII). Napoli 1857; pag. 246 (1601).

* Dampier (Guillaume): *Nouveau voyage autour du monde* etc. Amsterdam 1701; t. 1.° p. 90 (285).

* *Voyage aux terres australes, à la Nouvelle Holande* etc. *fait en* 1699. Amsterdam 1705; pag. 95, 96 e 98 (857).

* *Traité des vents alizés ou reglez, des vent frais de mer et de terre, des tempêtes* etc. Amsterdam 1701; p. 60 (364), 65 e 66 (391).

Dante: Paradiso Canto XVI, ver. 83 (1144), Purgatorio, Canto I, ver. 23 (1196).

* Darondeau: *Notes sur les Esquerquis.* (*Mediterranée*) (Ann. maritim. et colon.) Paris 1841; 2.ª par. tom. II, pag. 898 (949).

* Darwin (Carlo): Citato da Moquin-Tandon nell' opera a suo luogo registrata p. 23 (1435).

Daussy: *Note sur l' existence probable d' un volcan sous-marin* etc. (Annal. marit.), Paris 1838; tom. I, pag. 801 al 804 (817).

* *Marées de la mer d' Irlande.* (Annal. hydrog.), Paris 1848-49; tom. I, pag. 183 e 184 (1249).

David: Salmo XCII, 4 (1144).

* Degrandpré (L.): . . . . (392).

Deluc: *Lettres physiques et morales* etc. Haye; tom. I, pag. 396 (1310).

* Demas: Citato da D' Urville nel viaggio al polo Sud a suo luogo notato. T. 2.° pag. 184 (454).

Denison (W. T.) *Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay.* London 1846, p. 9 (51-53).

Dentrecasteaux (de): *Voyage de Dentrecasteaux envoyé à la recherche de la Pérouse.* Paris 1808, tom. I, p. 153 (293), 185 e 186 (660), 184 (531).

* Dickinson: Citato più volte negli articoli del *Nautical magazine and naval chronicle*, sotto questo titolo a suo luogo registrati. London 1832; tomo primo (751, 752 e 767).

* Dillon (Pietro): *Voyage aux îles de la mer du Sud en* 1827 *et* 1828; *et*

relation de la découverte du sort de la Pérouse etc. Paris 1830; tom. 1.° pag. 119 (876).

* Diorio (Vincenzo) : Alcune notizie mss. intorno alle piante che nascono e crescono nei luoghi privi di luce (924).

* Dixon et Portlock: *Voyage autour du monde fait en* 1785-88. Paris 1789; p. 78 (288).

Donati (V.): *Della storia naturale marina dell'Adriatico.* Venezia 1750; pag. XVI (252), X (1429), XI (1483).

* Donati (Biagio): Notizie mss. intorno agli effetti delle onde nell'antemurale del porto di Civitavecchia (726).

* Notizie mss. sul flusso e riflusso nel porto di Civitavecchia (1258).

* Dove (H. W.) : *La loi des tempêtes considérée dans ses rapports avec les mouvements ordinaires de l'atmosphère.* Traduzione di A. Le Gras con aggiunte. (Ann. Hydrographiques). Paris 1864 ; tom. 25.° p. 466 e 467 (370), 376 (394).

* Ducom: *Cours complet d' observations nautiques*, Paris 1835; (1105).

* Du Guay-Trouin: *Memoires.* 1740; pag. 201 e 202 (445).

* Citato dal Minard nell'opera a suo luogo registrata p. 18 (1078).

* Dulague: *Lezioni di navigazioni.* Tradotte dal Lamberti, 1850; (1105).

Duleau: *Examen de l' ouvrage de* M. A. R. Emy, intitulé; Du mouvement des ondes etc. (Annal. des pont. et chaus.) Paris 1832; 2.° sem. pag. 18 e 29 (731), 16 (1217).

Dumont-D'Urville (J.): *Voyage pittoresque autour du monde.* Paris 1834; tom. I, pag. 47 e 48 (635).

* *Voyage de découvertes autour du monde et à la recherche de la Pérouse*, pendant les années 1826-29. Paris 1832; tom. 1.° p. 142 e 143 (301), tom. 2.° 71 (321), tom. 1.° 123 (333), tom. 2.° 121 (333), tom. 5.° 98 (333), tom. 2.° 137 (361), tom. 1.° 76 (428), 12 (856), 85 (878), tom. 2.°, 46 (1162), 50 (1080).

* *Voyage de découvertes de l'Astrolabe*, executé en 1826-29. *Observations nautiques, météorologiques, hydrographiques et de physique.* Paris 1833; pag. 385 (302), 202 (879), 394 e 395 (879), 173, 19 e 209 (1067), 224 (1162).

Voyage au pôle sud et dans l' Océanie. Paris 1842; tom. II, p. 186 (432), 184 (454); tom. 9.° pag. 230 (228), 117 e 118 (321).

* Dumoulin: Vedi Vicendon-Dumoulin.

Duperrey (L. J.): * *Voyage autour du monde*, pendant les années 1822-25. *Hydrographie.* Paris 1829 pag. 90 (271), 91 (300,), 86 (372), 67 (596), 93 (877), 31 (1024), 31 (1027). *Hydroqraphie et Physique* 4* (1024).

* Citato da Freycinet nel viaggio pubblicato nel 1826 a suo luogo notato pag. 119 (269).

Rapport sur un travail de M. Keller, ingénieur hydrographe de la Marine, *intitulé*: Essai sur les courants de marée et sur les ondes liquides. (Compte rendu des séances de l'Académie des sciences). Paris 1847; tom. XXIV, pag. 55 e 56 (413), 56 (414), 55 (1107), 55 (1140), 55 (1175).

Du Petit-Thouars (A.): *Voyage autour du monde sur la frégate la Vénus*. Paris 1841; tom. III, pag. 168 (339), 174 e 175 (886), 307 (937).

* Dussard: Citato da Bouquet (de la Grye), nell' articolo a suo luogo notato pag. 647 (497).

* Dyar: *Expériences sur le mode de propagation des ondes à la surface des liquides*. (Ann. de Chim. et de Phys.). 3 ° serie, tom. VII, Paris 1843; pag. 421 a 425 (100-101).

E

Edwards: citato da de Quatrefages nell' opera a suo luogo notata t. II. p. 18 e seg. (848).

* Ehrenberg: Citato dal d'Archiac nell'opera - *Histoire des progrès de la géologie* a suo luogo notata, p. 326 (1437).

Emy: *Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes*. Paris 1831; pag. V (3), 3 (9 e 10), 49 (11), pag. V (191), 1 (194), 4 (195), 38 a 43 (199), 20 a 27 (200), 29 (201), 43 (202), 69, 75 a 77 (203), 89 e 90 (205), 4 (335), 61 (615), 62 (661), 62 (662), 65 a 68 (678), 39 (790), 69 (1192), 93 (1377), 4 (1546), 49 e 50 (1217), 52 (1219).

Du mouvement des ondes; en réponse aux articles de MM. Duleau et Virla (Annal. des pont. et chau.) 1837, 2.° sem. p. 239 (9), 253 (12), 249 (1138).

* Esquiros (Alphonse): *La Néerlande et la vie hollandaise*. Paris 1859; tom. premier (748).

F

Fazio (de): *Intorno al miglior sistema di costruzione de' porti*. Napoli 1828; pag. 11 (139), 18 e 70 (140), 10 e 11 (1375), 12, 13 e 14 (1418 e (1419).

* Ferroni: vedi, Atti dell' I. R. Accademia della Crusca. Firenze 1819; t. I, p. 4 (1258).

Fèvre: *Des mouvements qui paraissent imiter le mouvement des ondes*. (Annal. des pont. et chau.) Paris tom. XXV 1839; 1.° sem. pag. 1 e 26 (15); (195), § 36 (204).

* Figuier (Louis): *L' année scientifique et industrielle.* Huitième année. Paris 1864; pag. 232 (1092).

* *La terre et les mers.* Paris 1864; p. 451 e 452 (498).

* Fiocca (Giustino): *Progetto del porto di Napoli.* Napoli 1863; pag. 40 e 42 (180).

Fitz Roy (R.): *Instructions nautiques sur les côtes Orientales de l' Amérique du sud* etc. Traduzione dall' inglese di de Coriolis (Annales hydrographiques). Parigi 1851; tom. V, p. 297 (1267).

* *The weather book: a manual of practical meteorology.* Seconda edizione; Londra 1863; pag. 201, 202 e 203 (79-85), 82 (259), 117 (310), 337 (388 e 389), 148 (313), 151 e 152 (404 e 405), 148 (500), 201 (501), 388 (502 e 503), 144 (913), 80 (944).

* Citato da de Villeneuve Bargemont nell'opera a suo luogo notata p. 20 (883).

* Fleurieu (de): *Voyage fait par ordre du Roi en* 1768 *et* 1769 *sur la frégate l' Isis à différentes parties du monde.* Paris 1773; Première partie, pag. 279 (314), 356 (315), 512-515 (627-632), 512 e 513 (834), pag. XLIII e 491 (1044); (1105).

* Nel viaggio di Marchand; tom. 2.° 515 (601), tom. 3.° 110 (601).

* Fleuriot de Langle (Alfonso): *Considérations sur l'Atlantique, le cap de Horn et le Pacifique* (Ann. Hydrogr.) tom. 22. Paris 1862; pag. 113 (493), 120, 121 e 122 (494-496).

* *Examen des ouvrages de M. Maury, de la marine américaine, intitulés*: Explanation and sailing direction, *et* physical geography of the sea. (Ann. Hydrog.) Paris 1863; tom. 24, pag. 217 (1228).

* Flotte-d'Argençon (Magloire de): *Nouveau portulan de la Méditerranée* etc. Toulon 1829; tom. 1.er pag. 383 (645).

Forbes Eduardo: citato dal d' Archiac nella prima opera a suo luogo registrata. Paris 1847; t. I, p. 397 (850), 397, 398 e 399 (1456).

* Citato dal Calver nell' opera *Wave screen* a suo luogo notata p. 7 (744).

* Citato dalla Somerville nell' opera a suo luogo notata, Traduzione italiana di E. Pepoli. Firenze 1856; tom. II, pag. 96 e 97 (922).

* Forrest: *Voyage aux Moluques et à la Nouvelle Guinée fait* en 1774-76. Paris 1780; p. 402 (287), 60 (316).

* Forster (figlio): citato da Cook nel secondo viaggio, a suo luogo notato. Paris 1778; t. 2. p. 160 (384).

Fossombroni: *Memorie idraulico-storiche sopra la Val-di-chiana* (Rac. cit. d'autori italiani ec.) t. XIII, p. 179 (106).

Fourgues-Duparc: citato da Reibell nell'opera più sotto notata p. 202 (689).

* Fournier (G.): *Hydrographie contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la navigation.* Paris 1643; (1105), p. 439 e 440 (1259).

* Francolini (Felice): *Relazione* sul libro del comm. A. Cialdi che ha per titolo « Sintesi di fatti per dimostrare come il moto ondoso del mare, anzichè la corrente littorale, è la cagione precipua del protendimento delle spiagge e della costruzione dei porti, applicandone il risultamento allo ingresso del Bosforo di Suez nella rada di Pelusio » *letta alla reale accademia dei Georgofili.* (Atti dei Geor.) Nuova serie. Firenze 1862; tom. VIII (184).

* Frangipane (Antigono) *Dell' Arte di Navigare e guerreggiare per mare.* Vol. II, Assisi 1786, 2.ª edizione (1105).

Franklin (Beniamino): Per l'effetto dell'olio è citato dal Marmocchi nella geografia, tomo 3.° notata a suo luogo, p. 367 (252), e la Memoria di lui si trova nel giorn. *Philosoph. Trans.* London 1770. Per l' effetto del vento in un gran bacino, lo cita Frissard, nel corso di lezioni tra poco da registrarsi, pag. 41 (241). Lo cita ancora Arago nel tomo nono delle sue opere, pag. 55 (241).

Frapolli (L.): *Réflexions sur la nature et sur l' application du caractère géologique* (Bulletin de la société géologique de France); tom. IV. Paris 1847; pag. 640 (641).

* Freitas (A. G. de): *Tratado de navegar . . . .* 1823 (1105).

* Fréminville (de): *Guide du marin; Résumé des connaissances les plus utiles aux marins.* Paris 1863; tom. secondo pag. 316 e 317 (504 e 505), 191 e 192 (514).

* Freycinet (Louis) : *Voyage de découvertes aux terres australes* etc. Pendant les annéès 1800-1804. *Navigation et Géographie.* Paris 1815; pag. 145 e 146 (604), 78 (1157).

* *Voyage autour du monde* etc. Pendant les années 1817-1820. *Navigation et Hydrographie.* Paris 1826 ; premiére partie pag. 119 (269), 293 (270), 119 e 148 (299), 246 (605), 249 (606), 99 (875), 158 (948).

* Frezier: *Relation du voyage de la mer du sud* etc. *fait en* 1712-14. Paris 1732; pag. 30 (266), 16 (598), 28, 29 e 289 (859).

Frisi: *Del modo di regolare i fiumi e i torrenti* (Rac. cit. d'aut. Ital. ec.) tom. VI, pag. 265 (122).

Dell' azione dell' olio sull' acqua. (Dalla biblioteca scelta). Milano 1825; vol. 163, pag. 48 (210), 44 e seg. (249), 54 e 55 (420), 55 (806).

Frissard: *Cours de construction des ports de mer.* École nationale des ponts et chaus. Sess. 1848-1849. In litografia, p. 39(201), 41, (512), 40 (671), 41 (904), 82 e 83 (703), 83(704), 45 (690), 45 (722), 40 (1107),68 (1558).

Navigation fluviale du Havre à Paris. Amélioration de la navigation du Havre à Paris. Havre 1832; p. 29 (1248).

* Furneaux: *Relation* inserita nel viaggio di Cook eseguito nel 1772-75. Paris in 4.° 1778; tom. 1.° p. 226 e 235 (864).

G

Gaineur: *Le pilote instruit.* Nantes 1781; (1105).

Galileo: *Trattato di fortificazioni* ec. (Memorie e lettere inedite finora e disperse, ordinate ed illustrate con annotazioni del cav. G. B. Venturi). Modena 1818; pag. 66 e 67 (107).

* Discorso al serenissimo Don Cosimo Secondo *intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono.* (Raccolta di autori italiani già citata) T. 3.° p. 25 (210).

* Gallo (V.): *Trattato di navigazione.* Trieste 1857; (1105).

* *Guida dei naviganti al lungo corso.* Trieste 1853; (1105).

* Gatier: *Instruction sur les côtes de la Guiane au N.O. de Caienne et sur la meilleure manière de les remonter* (Ann. maritimes et colon.). Paris 1826; 2.ª parte, tom. 2.° pag. 409 (840).

* Germain: *Étude sur les mouvements produits dans la rade de Saint-Paul (Ile de la Réunion).* (Ann. Hydrographiques). Paris 1863; t. 24 p. 547 (523), 551 (651), 546 (733).

Gerstner: Ha pubblicato nel 1804, in Praga, un lavoro sulle onde, riprodotto nel 1825 in un opera dei fratelli Weber. Si veda in proposito de Caligny nella sua *Memoria*, inserita nel giornale di Liouville, di già citata, 1848, pag. 92.

* Ecco il titolo dell'opera, che copio dallo S. Russell, *Theorie der Wellen.* Prague 1804. Citata e analizzata dallo stesso Russell nell'opera - *Report on Waves* etc. a suo luogo notata, p. 66 e 67 (3, 9, 94-97).

* Gevers d' Endegeest: *Du dessechement du lac de Harlem.* Paris 1843; première partie (748).

* Gherardi: Citato dal Paleocapa nell'opera - *Considerazioni* ec. a suo luogo registrata p. 542 (1283).

* Giacchetti (G.): *Il piloto in altura* ec. Roma 1855 (1105).

* Ginanni (Giuseppe): *Opere postume.* Tomo primo *nel quale si contengono cento quattordici piante che vegetano nel mare Adriatico.* Venezia 1757 in foglio; (1430). — Dedica, seconda pagina (1502).

* Girard (P. S.): *Description de la vallée de l'égarement et conséquences géologiques* etc. Paris 1813; p. 2 e 3 (1485).

* Givry (A.): *Mémoire sur les montres marines et sur les principales observations de l'astronomie nautique.* (Ann. maritt.). Paris 1840, tom. I, pag. 753 (1105).

* *Pilote français. Instructions nautiques. Partie des côtes septentrionales de France comprise entre la pointe de Barfleur et Dunkerque.* Paris 1842; p. 352 (231 e 232), 322 (281), 52 e 54 (544), 274 e 275 (545), 434 (546), 314 (1208), 9 (1315).

* *Partie des côtes de France entre les Casquets et le Point de Barfleur. — Environs de Cherbourg.* Paris 1845 ; pag. 3 e 4 (547), 4 (548), 25 (549), 124 (550), 12 e 40 (610).

* *Partie des côtes septentrionales de France comprise entre le Phare des Héaux de Brehat et le Phare du Cap de la Hague.* Paris 1851; p. 35 (373), 97 (551), 476 (552), 403, 404 e 405 (739).

Goimpy (de): citato dal de la Coudraye nell'opera già notata, p. 123 (424).

* *Remarques sur le pitolage* ; unite in appendice all'*Abrégé du pilotage* par M. le Monnier. Paris 1766; p. 11 dell'appendice (5 e 6), 1 (1034 e 1035),11, 12 e 13 (1036), 13, 14, 15, 16 e 17 (1037), 17 e 18 (1038), 18 e 19 (1039), 19, 20 e 21 (1040).

* *Traité sur la construction des Vaisseaux.* Paris 1776; pag. 52 (424).

* Gourdin: Citato da d'Urville nel viaggio al polo Sud a suo luogo notato, tom. 2.° p. 362 (438).

* Goury aîné (G.) : *Souvenirs polytechniques , ou recueil d' observations , mémoires et projets.* Paris 1827; tom. I, pag. 319 e 320 (1210), p. V (1241), 368 (1496). Appendice pag. 65 (1496).

* Greenwood (J.): *Rudimentary treatise on navigation.* London 1850; (1105).

* Grenville Temple (W.): Citato dal Maury nella geografia fisica del mare a suo luogo notata, § 416 (1125).

* Guépratte: *Problèmes d'astronomie nautique et de navigation.* Brest 1822; (1105).

Guéritault: *Relation du voyage aux Philippines* etc. (Annal. marit.) 1826; t. II, p. 8 (814).

Guglielmini: *Della natura de' fiumi.* (Rac. d'aut. ital. cit.). Bologna 1821; tom. I, p. 238, 239 e 230, (118), 267 (246).

* Guerrazzi (F. D.): *Vita di Andrea Doria.* Milano 1864; tom. I, pag. 98 (1190).

* Guglielmotti (padre Alberto) : *Vocabolario marino e militare.* Vol. tre in foglio inedito (185-188).

* *Marcantonio Colonna alla battaglia di Lepanto.* Firenze 1862; pag. 109 (702).

* Memorie mss. del viaggio in Oriente e in Egitto (698), (714 e 716), (743), (844), (1486), (1574).

* Guide du marin ; *Résumé des connaissances les plus utiles aux marins.* Par MM. De Kerhallet, de Fréminville, Boutroux, Terquem e Ch. Laboulaye. Paris 1863; tom. secondo pag. 316 e 317 (504 e 505).

H

* Hall (Basilie): *Mémoires et voyages*; traduzione da H. C. De Saint-Michel.

Bruxelles 1834; Tom. III p. 174 e 175 (245), 175 (1065). Tom. 4.° 110 (1178), 112 (1180), 111 (1183), 112 (1185), 122 e 123 (1186).

* Citato dal Fitz Roy nell'opera: *The weather book* a suo luogo registrata, pag. 51 (1234).

* Halley: Citato dal Kant nella *Geografia fisica* a suo luogo registrata, vol. I, p. 136, 137 e 138 (938).

* Harris: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l'isthme de Suez*. Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104).

Herschel (J. F. W.): *Discorso preliminare sullo studio della filosofia naturale*. Traduzione di Gaetano Demarchi. Torino 1840; p. 162, § 137 (1143).

Heywood: citato da Fitz-Roy nell'opera *Instructions nautiques* etc. già citata pag. 291 e 297 (1267).

* Hoff (De): Citato dal de Beaumont nell'opera – *Leçons* ec. registrata a suo luogo; p. 344 (1351).

* Homeri, *Odissea*, Lib. X, v. 135 (1363).

* Hope (J.): *Report of the commissioners . . . on harbours of refuge*. London 1859; Vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

Hopkins (W.): *On the transport of erratic blocks* (Philos. Magaz.) 1845; vol. XXVII, p. 36 (48).

* Horatii, *Carmina*, Lib. I, Od. III (1197).

Horsburgh (J.): *Introduction à l'ouvrage sur les navigations de l'Inde*. (Ann. marit.). Paris 1824; t. II, p. 98 (829), 91 (442 e 444), 122 (912).

* *Instructions nautiques sur les mers de l'Inde*. Traduit de l'anglais en 1837 par Le Prédour — 2e edition, revue etc. par M. B. Darondeau et M. G. Reille. Paris 1853; Tom. 1.° p. 165 (274), 166 (275), 304 (305), 13 (441), 46 (539), 298 (539), . . (540), 173 (616), Ap. 42 (617), tom. 1.° 171 (639), 17 (829), 171, 172, 111 e 173 (885), 34 (912), 290 e 291 (953). Tom. 2.° pag. 247 e 248 (1181). Tom. 3.° *Mer de Chine* p. 4 (614).

Humboldt (A. de) *Cosmos* etc. Milano 1840; t. I, p. 257 e 258 (242), 255 (431), 260 (1447).

Examen critique de la géographie du nouveau continent etc. Paris 1837; tom. II p. 239 (245), tom. III; p. 69 (253), 71, 78, 79 a 84 (253), 71 (256), 68 e 69 (257), 230 e 231 (847), 88 (1087); tom. I, 317 (1069).

* *Tableaux de la Nature*. Nouvelle édition. Milano 1858; p. 58 e seg. (253).

* *Voyage aux régions équinoxiales*. Tom. 1.° p. 153 (298).

* *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*. Paris 1811; tom. 1.° pag. 48 (1308).

* *Memorie fisiche e geognostiche*; inserite come istruzioni nel *Viaggio intorno al Globo* sotto il commando del Commodoro de Wüllerstorf-Urbair. Vienna 1862; Tom. I. pag. 10 degli Allegati (817).

* Citato dal Moquin-Tendon nell' opera a suo luogo registrata, pag: 22 (1435).

* Citato dal Mangin nell'opera a suo luogo notata pag. 227 (1447).

Huot: *Nouveau manuel de géographie physique*. Paris 1839; pag. 107 (37).

Géographie Universelle etc. par Malte-Brun, revue etc. par Huot, Paris 1841; t. I, p. 394 (237).

J

*Jansen, Van Gough e Andrau: Citati da Ploix nell'opera a suo luogo notata pag. 234 e 235 (1030).

* Jaurés: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez*. Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104).

Johnston (A. Keith): *The physical atlas of natural phenomena*. A new and enlarged edition. Edimburg and London 1856; pag. 54 (1144).

Jomard: *Description de l'Egypte, Antiquités d'Antoepolis*, tom. II, pag. 22 nota 4 (1409).

* Joule (James Prescott): *On the Mechanical Equivalent of Heat*. (Philosophical Transactions of the Royal Society of London). Londra parte prima 1850; pag. 63 (833).

Juan (Don Giorgio) : *Esame marittimo teorico e pratico* ec. Traduzione dello Stratico. Milano 1819; tom. I, (3); p. 281 a 283 e XXIII (86-88).

* *Observations astronomiques et physiques* ; unite all'opera di de Ulloa a suo luogo registrata. Tom. 2.° parte 2.ª pag. 267 (1047).

* Julien (Félix): *Courants et révolutions de l'atmosphère et de la mer*. etc. Paris 1860 ; pag. 127 (258) , 151 (400) , 206 (1087) , 102 (1102).

Jurien de la Gravière (E.) : *Rapport sur la campagne de la corvette la Bayonnaise, dans les mers de Chine* (Annales hydrographiques). Paris 1851; tom. V, pag. 65 (1165).

* *La marine d'autrefois. Souvenire d'un marin d'aujourd' hui* etc. Paris 1865; pag. 23 e 106 (1226).

K

Kant (Emanuele): *Geografia fisica*: dal tedesco. Milano 1807 ; t. I, p. 195 (92), 238 (93), 203 e seg. (252).

Keller (F. A. E.): *Recherches sur les récifs madréporiques des îles du Grand-Océan*. (Annales hydrographiques) Paris 1851; tom. VI, pag. 285 (608), 285 (1107).

* *Des Typhons de* 1848; *des ouragans obliques et des coups de vent fixe* etc.

(Ann. Hydrographiques) Paris 1848-49; tom. 1.° pag. 213 e 214 (365), 216 e 237 (366), 212 (371), 230 (380).

* *Du Typhon du* 11 *au* 14 *septembre* 1849 (Ann. Hydrog.). Paris 1850; tom. 4.° p. 133 (367), 134 (368).

* *Des ouragans, tornados, typhons et tempêtes.* (Annales maritimes etc.). Paris 1847; tom. 2.° pag. 330 (398 e 399).

* *Essai d'amélioration de l'estime remédiant à la principale cause d'erreurs, tant du loch ordinaire que des lochs compteurs.* (Annales hydrographiques). Paris 1858; t. 14.° pag. 430 (1034), 387 e 430 (1109).

* *Exposé du régime des courants observés depuis le XVI siècle jusqu'à nos jours dans la Manche et la mer d'Allemagne, et de leur supputation dans la navigation générale à l'aide du routier compteur.* Paris 1855; p. 162 (1147), 2 (1226), 57 (1228), 81 (1319).

* *Origine des bancs du Détroit. Note* inserita nello *Étude pour l'avant-projet d'un Tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France.* Par M. A. Thomé de Gamond. Paris 1857; p. 146 (233), 149 (658), 151 (891), 143 e 144 (1293).

* *Notice sur la navigation transatlantique* etc. Paris 1859; p. 92 (1091).

* *Essai sur les courants de marée et sur les ondes liquides.* (Rapport: Compte ren. de l'acad. des scien. etc.). Paris 1847; tom. 24.° p. 57 (31), 56 (32), 55 (1075), 55 (1076), 55 (1140).

* Kerguelen Tremarec (de): *Relation d'un voyage dans la mer du Nord* etc. Paris 1771; pag. 16 (491), 11 (599), 184 e 185 (600), 8 e 9 (1043).

Kerhallet (C. Philippe de): *Considérations générales sur l'Océan indien* etc. (Ann. Hydrog.). Paris 1851 ; tom. 6. pag. 241 (237), 230 (375), 236 (1069).

* *Considération général sur l'Océan Atlantique* etc. (Ann. Hydrog.). Paris 1850; t. 4.° p. 287, 288 e 290 (564), 290 (888), 265 (1236), 270 (1272).

* *Manuel de la navigation dans la mer des Antilles* etc. Paris 1853 ; tom. 1.° pag. 49 (560), 130 (561), 382 (612), tom. 2.° p. 151 (562), 388 (563).

Description des îles de Bermudas ou de Somer et de l' île de Sable. (Annales hydrog.). Paris 1852; tom. VII, pag.239 (559).

* *Descrition nautique de la côte nord du Maroc.* Paris 1857; p. 28 (1144).

* *Guide du marin. Résumé des connaissances les plus utiles aux marins.* Paris 1863; tom. secondo p. 316 e 317 (504 e 505), 191 e 192 (514).

* King (J.): Continuatore della Relazione del terzo viaggio di Cook. Paris 1785, in 4.°; Tom. 4.° p. 366 (825), 378 e 379 (825), 191 (1062), 433 (1062), 77 e 78 (1171).

* Kohl: Les *bouches du Mississipi.* Traduit par M. E. Caspari (Ann. Hydrog.). Paris 1863; tom. 23.° 455 (1101), 447 (1308).

* Kotzebue : Citato da Boungainville figlio nell'opera a suo luogo notata, tom. 1.° pag. 176 (395).

* Kramer (Edovardo) : *Il Canale attraverso l' istmo di Suez.* Relazione tecnica al signor Ministro dei lavori pubblici del regno d' Italia. Milano 1865; pag. 4 (1487), 11 e 32 (1572), 11 (1573), 11 (1574), 11 e 32 (1576).

* Krusenstern (de): *Voyage autour du monde*, fait en 1803–1806, traduction revue par M. J. - B. - B. Eyriès. Paris 1821; tom. 1.° pag. 138 (250), 314 (319), 314 (872), tom. 2.° p. 123 (319), 468 e 497 (873), 488 (1158).

L

* Labaste: *Haut-fond dans l' E. de la Nouvelle-Zélande* (Ann. Hydrogr.) Paris 1864; 1.° trim. pag. 234 (909).

* Laboulaye (Ch.): *Guide du marin, résumé des connaissances les plus utiles aux marins.* Paris 1863; tom. secondo p. 316 e 317 (504 e 505), 191 e 192 (514).

* Lacaze-Duthiers (H.): *Histoire naturelle du Corail* etc. Paris 1864, p. 231 e 230 (943), 230, 246 e 247 (945).

Lagrangia: *Mécanique analitique.* Paris 1788; pag. 487 (3, 39 e 129), 487 (1144 e 1145).

Lalande (J.): *Abrégé de navigation historique, théorique et pratique.* Paris 1793; (1105); pag. 43 (1202).

* Lamberti: *Lezioni di navigazione*, traduzione dal Dulague con aggiunte.... 1850; (1105).

Lamblardie (padre): *Mémoire sur les côtes de la haute Normandie* etc. Havre 1789; pag. 14 (657), 31 (1186), 25 (1286), 27 (1296), 20 e 25 (1304), 31 (1386), 18 (1415), 49 (1577).

* Lang (Andw.): *Height of Waves on the same voyage.* (Nautical Magazine). London 1847; vol. XVI pag. 262 (453).

Laplace : *Suite des recherches sur plusieurs points du système du monde.* (Recueil de l'accad. des sciences). Paris 1776; (3 e 39), pag. 542 (191).

Lartigue : *Instruction nautique sur les côtes de la Guiane francaise* (Annal. marit.) Paris 1828; t. I, p. 279 (303), 280 (542), 293 (841), 279 (1546).

Las Casas : Tradotto dal Marmocchi nella raccolta di viaggi. Prato 1841; tom. I, p. 147 (803).

* Lassale: *Traité élémentaire d'hydrographie.* Paris 1817; (1105).

Laurent (capitano del genio): *Observations sur les ondes liquides, et remarques relatives aux assimilations que l'on a faites de ces ondes aux ondulations lumineuses* (Comptes rendus de l' acad. des scien. etc.) Paris 1845; tom. XX, pag. 1713 (33).

Le Bourguignon-Duperré : *Mémoire sur l' ensablement du port de Cette.* (Annal. marit). Paris 1839; tom. I, pag. 386 (1215), 391 (1269), 385 (1285).

* Lecoq (H.): *Éléments de Géographie physique et de Météorologie.* Paris 1836; pag. 217 (226).

* *Élémens de Géologie et d'Hydrographie* etc. Paris 1838; tom. 2.° p. 526 (928), tom. 1.° pag. 182 (1177).

* Lee : citato da A. de Humboldt nelle *Memorie fisiche e geognostiche* a suo luogo notate, pag. 10 (817).

* Le Gras (A.): *Manuel de la navigation dans la mer Adriatique.* Paris 1855 p. 140 (588), 140 (646), 43 (1334).

* *Description des tles et des passages compris entre la partie nord de l' tle Luçon et les tles du Japon.* (Ann. Hydrog.). Paris 1857; tom. 12.° pag. 158 (322).

* *Routier de la côte Sud et S.E. d' Afrique.* (Ann. Hydrog.). Paris 1862; tom. 22.° p. 171 (574), 357 (581), 348 (582).

* Roches , Bancs etc. (Ann. Hydrog.). Paris 1862; tom. 22.°, pag. 214 (575), 214 (576), 214 (577), 215 (578), 215 (579), 215 e 216 (580).

* *Routier de la côte nord d'Espagne* (Ann. Hydrog.). Paris 1863; tom. 23.° p. 64 (575), 80 (578).

Legendre : *Observations faites dans un voyage au centre Amérique* (Voyage au pôle Sud etc. par d'Urville). Tom. X, pag. 277 (541).

* Le Hon : *Périodicité des grandes déluges* etc. Paris 1861; p. VI (211).

* Le Jolis (Auguste): *Liste des algues marines de Cherbourg.* Paris 1863; pag. 7 e 11 (1499).

* Lelyveld, vedi Van Lelyveld.

* Le Monnier : *Abrégé du pilotage.* Paris 1766 p. 11 dell' appendice (5).

* *Rapport a l' Académie des sciences* unitamente a Bezout intorno alle *Remarques sur le pilotage* di de Goimpy. *Registres de l'Acad. des sciences, du 12 Juin* 1765 (1042).

Lemoyne: *Extrait de l'ouvrage de M. G. De Fazio, sur le meilleur sistème de construction des ports* etc. (Annal. des ponts et chaus.). Paris 1837; 1.° sem. p. 224 e 225 (647). Nell' *extrait* di questa stessa Memoria (Paris 1837), si vedano le pagini 47 e 48.

* Lentzé: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 111, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104).

Leonardo da Vinci: *Del moto e misura dell'acqua* (Raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque) edizione quarta. Bologna 1826, tom. X, pag. 320 (4) , 318 (106), 339 (130), 318 e 320 (195), 320 e 326 (196), 324 (197), 320 e 321 (198), 322 (199), 324 (200), 325 (201), 327

(202), 319 (203), 339 (204), 328 (205), 334 (214), 327 (248), 315 (300), 324, 326 e 327 (335), 338 (343, 344, 345 e 346), 322 (522), 351 (595), 296 e 297 (656), 328 (801), 319 (809), 286 (1183), 396 (1292), 310 (1306), 315 (1546).

Per il flusso e riflusso osservato da Leonardo si veda, *Histoire des sciences mathématiques en Italie* par G. Libri. Paris 1840, tom. III, pag. 53 e 226 (1147).

* Citato dal Venturi nell'opera a suo luogo registrata pag. 5 (206).

* Le Serrec: *Observations et remarques faites en allant de Bourbon à Manille* etc. (Ann. maritimes et coloniales). Paris 1841; tom. 2.° pag. 839 e 840 (1028).

* Libri (G.): *Histoire de sciences mathématiques en Italie.* Paris 1840; t. 3.° pag. 48 (191), 32 (192), tom. 4.° pag. 66 (193).

Lieusseu: *Études sur les ports de l'Algérie* (Annales hydrographiques). Paris 1849; tom. II, pag. 510 (735), 430, 431, 502 (585 e 1145).

* *Deuxième édition* della medesima opera con aggiunte. Paris 1857; pag. 12 e 13 (853) 16 e 145 (1193), 13 e 14 (1298).

* Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l'isthme de Suez.* Paris 1856; pag 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104).

* *Recherches sur le Régime des eaux dans le canal à ouvrir entre la Méditerranée et la mer Rouge.* (Inserite nell'opera – Percement de l'isthme de Suez. Troisième série). Paris 1856; pag. 233 (1585).

Linant-Pascià: prodotto da F. de Lesseps nell'opera, *Percement de l'isthme de Suez* etc. Tradotta in italiano dal prof. Ugo Calindri. Torino 1856; pag. 83 (237), 108 e 110 (1580).

* *Notice sur la forêt petrifiée des environs du Caire.* Comm. par M. Jomard. (Bulletin de la Soc. de Géographie). Paris 1840; 2.° série, tom. XIII, n. 74, pag. 103 (1485).

* Lindsay (W. S.): *Report of the commissioners . . . on harbours of refuge.* London 1859; vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

* Linotte: *Sul porto d'Anzio antico, e moderno Innocenziano.* Roma 1824; pag. 31 e 32 (1407), 23 (1560).

Lombardini (E.): *Intorno al sistema idraulico del Po.* Milano 1840; pag. 28 e 29 (149 e 150), 28 (1352).

Della natura dei laghi. Milano 1846, pag. 12 (241).

* *Dell'origine e del progresso della scienza idraulica nel milanese ed in altre parti d'Italia. Osservazioni storico-critiche concernenti principalmente i lavori di Leonardo da Vinci, di Benedetto Castelli e di Gian Domenico Guglielmini.* (Giornale dell'ingegnere architetto ed Agronomo. Anno VIII). Milano 1860; pag. 484 (191) 552 (246).

* *Dei cangiamenti cui soggiacque l' idraulica condizione del Po nel territorio di Ferrara, e della necessità di rettificare alcuni fatti annunciati da Cuvier su tale argomento.* Milano 1852; p. 3 (1242), 24 (1402).

* *Importanza degli studi sulla statistica dei fiumi e cenni intorno a quelli finora intrapresi.* Milano 1846; p. 11 e 12 dell'estratto (1517).

* *Memoria sul regime delle acque del progettato canale marittimo di Suez e dei laghi amari interposti.* (Inserita nelle memorie dell' Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti, vol. VIII, fasc. I. Milano 1859); (1585).

Lopes da Costa Almeida: *Roteiro geral dos mares, costas*, ec. Lisboa 1835, tom. I, pag. 10 e 3 della *Taboa cosmografica das costas* ec. (1169). tom. 1.° parte sesta 1841 p. 51 e 52 (1182).

* *O pilodo istruido* ec. Lisboa 1839; (1105).

* Loredano (Pietro): vedi *Philosophical transactions of the royal society.* London 1177; vol. LXVII p. 148 e 149 (1254).

* Lorgna (Antonmario): *Osservazioni e ricerche intorno al prolungarsi della linea de' fiumi in Mare.* (Nuova Raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque). Bologna 1824, Tomo II, pag. 28 (1532).

* Löven: Vedi d'Archiac nell'*Histoire des progrès de la géolog.* a suo luogo registrata p. 400 e 401 (1457).

* Citato da de la Beche nell' opera - *The geological observer.* London 1853; pag. 151 (927).

Luca (Ferdinando de): *Considerazioni generali sulla costruttura de' porti.* (Annali civili delle due Sicilie). Napoli 1853; fasc. XCVII. pag. 25 (2), 28 e 29 (169 e 170), 31 (787).

Indole della geografia del secolo XIX, comparativamente a quella del secolo precedente. Relazione fra la oreografia e la idrografia di una regione ec. (Ann. come sopra). 1854; pag. 131 (1304).

Lyell: (Sir Charles): *Principes de géologie* etc. traduzione della sig. T. Meulien. Paris 1845; Parte seconda pag. 289 e 350 (42), 236 e 237 (668), 290 e 291 (669). Parte quarta, pag. 141 e 142 (929). Parte seconda p. 247 (680), 349 e 350 (1397).

* *Principles of Geology.* Ninth and entirely revised edition. London 1853; pag. 617 (929).

* *Manuel de géologie élémentaire* etc. tradotto dal Hugard con il concorso dell'autore. Paris 1856; tom. 1.° pag. 34 (43).

M

Macarte y Diaz: *Lecciones de navegacion* ec. Madrid 1801; (1105), p. 339 (1225), 411 (1272).

* Mac-Clean : Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez*. Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

Malezieux : *Notes recueillies en* 1846 *pendant sa mission en Angleterre* (Annal. des pon. et chaus.) 1.° sem. 1849; pag. 304 e 305 (687).

Malte-Brun : *Geographie universelle*. Paris 1841 ; tom. I, pag. 477 (699), 473 e 474 (1360), 394 (1431).

* Citato da Emy nell' opera – *Du mouv. des ondes* a suo luogo registrato. Paris 1831 ; pag. 73 (328), 62 (670).

* Manby (Carlo) : Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez*. Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

Manfredi: *Relazione sopra l' alzarsi che fa di continuo la superficie del mare*. (Rac. d'Aut. ital. citata), Bologna 1822; tom. V, pag. 404 (122).

* Mangin (Arturo): *Les mystères de l'Océan*. Tours, seconda edizione 1865; pag. 229 e 230 (946).

Marchal: *Sur la nature et origine des alluvions á l'embouchure des fleuves, qui débouchent dans la Manche*. (Ann. de pont. et chaus.) mars et avril 1854; p. 506 (290), 211 (1404), 196 e 212 (1414), 201 e 204 (1416).

* Marchand: *Voyage autour du Monde pendant les années* 1790-92 ; compilato e molto arricchito da C. P. Claret Fleurieu. Paris in 4.° an. VI. T. 1.° p. 489 (869), 527 e 528 (1063).

* Marchi (Francesco de'): *Architettura Militare*. Illustrata da Luigi Marini. Roma 1810; tom. II, parte I, pag. 359 e 372 (938).

* Marco Polo: *Il Milione*. Pubblicato ed illustrato da Gio. Batt. Baldelli Boni. Firenze 1827; in 4.°, tom. 2.° pag. 455 (1069).

Marescot, Gourdin, Gervaize, Dumoulin, e Desgraz citati da d'Urville nel viaggio *au Pole sud* a suo luogo notato, tom. II, pag. 187, 191, e 362 (431).

* Margollé (Elia): *Le phénomènes de la mer*. Paris 1864; 2.ª edizione, pag. 64 (381), 61 e 64 (403), 104 e 105 (1234). Vedi Zurcher et Margollé.

Mari : *L' idraulica pratica ragionata*. Guastalla 1786, t. II, p. 106 e 104 (132 e 133), 107 e 104 (1365).

Marieni (A.): *Portolano del mare Adriatico*. Milano 1830; pag. 7 (238), 21 (407), 17 (646), 7 (1265), 7, 17 e 467 (1276 e 1277), 7 (1278), 16 (1345), 467 (1346).

Marmocchi: *Corso di geografia universale*. Firenze 1840, tom. III, pag. 361 e 362 (143).

Marsilli: *Histoire physique de la mer*. Amsterdam 1725; p. 47 e 48 (115 e 116), 47 (117), 21 (331), 47 (375), 48 (508), 5 (849), 20 (915), 123 e 119 (945), 14 e 15 (1428).

Maury: *Sulla meteorologia nautica, e conferenza marittima tenuta in Bruselles*. Comunicazione del segret. della R. Accad. delle scien. di Bruselles fatta alla *Corrispondenza scientifica in Roma* num. 1, 5 Gennaro 1854; pag. 2 (217).

Investigations of the winds and currents of the sea (Appendix to the Washington astronomical observations for 1846). Washington 1851; (242 e 1235).

Explanations and sailing directions to accompany the wind and current charts. Washington 1852; pag. 183 (1144).

* *Annual address* etc. (*Bulletin of the american geographical and statistical society*). New-Yorck 1854; vol. 1.°, part. III, pag. 16 a 18 (1306), 18 e 24 (1432).

* *The physical geography of the sea.* An entirely new edition, with addenda. New York 1857. Ovvero la stessa opera tradotta dal prof. P. A. Terquem. Paris 1861; § 1 e 2 (242), § 13 (255), § 1 e 2 (258), § 87 (280), § 913 e 914 (311), § 722 (928), § 611 e 1008 (1083), pag. 567 (1084), § 9, 25 e 403 (1086), § 458, 460 e 471 (1087), § 887 (1088), § 893 (1089), § 889 (1090), § 401 (1093), § 920 (1094), § 910 (1095), § 78, 85 e 79 (1096), § 57 (1097), § 900 (1098), § 722 (1432), § 724 (1433), § 720 e 726 (1434).

* *Explanations and sailing directions to accompany the wind and current charts*. Washington 1858, volume primo. Oppure la traduzione fattane dal tenente di vascello sig. Ed. Vaneechout con il titolo. *Instructions nautiques destinées à accompagner les Cartes de vents et de courants*. Paris 1859; pag. 185 e 186 (1096), XXViij.(1096).

* Citato da Vaneechout nell'opera a suo luogo notata, pag. 162 (517).

* *Physical geography for schools and general readers*. London 1864; § 25, 26 e 27 (1442).

* Mazuro-Duhamel: *Construction et usage de quelques tables particulières pour abréger les calculs d'astronomie nautique* etc. 1825 (1105).

* Medina (Da): *Arte del navigare*. Venezia 1609 (1105).

* Meidrum (Charles): *Contributions to the meteorology and hydrography of the Indian Ocean* (First number of meteorological papers published by authority of the Board of Trade). London 1857; pag. 133 (807).

* Mendosa y Rios (J.): *Tratado de navigacion*. Madrid 1787; (1105).

* *Coleccion de tablas para varios usos de la navigation*. Madrid 1800; (1105).

Meneghini: *Lezioni orali di geografia fisica*. Pisa 1851, p. 211, 212 e 213 (164 e 165), 487 (253), 213 (815), 485 (922).

Mengotti: *Idraulica fisica e sperimentale*. (Rac. cit. degli Aut. ital.) Bologna 1823; t. XI, pag. 222 e 123 (136).

Mercadier: *Recherches sur les ensablements des ports de mer* etc. Montpellier 1788, p. 17 (734).

* Messier: facente parte del viaggio di de Courtanvaux ed ivi citato. (1042).

* Meyen: Citato da Lecoq nell'opera *Géologie* etc. a suo luogo notata tom. 1. p. 136 (804), 136 (826).

Mikocz : *Il corso di navigazione teorico-pratico.* Venezia 1833 ; (1105), pag. 150 (1106).

Minard: *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer, professé à l' école des ponts et chaussées.* Paris 1846 ; pag. 14 e 15 (195), 22 (199), 11 - 18 (235), 13 (511), 15 (536), 114 (677), 19, 86 e 87 (703), 97 e 98 (704), 19 (721), 20 (722), 13 (729), 21 (789), 18 (1078); (1107); 15 e 30 (1107), 65 (1243), 174 (1281), 67 (1320), 71 (1558).

* Missiessy : Citato d'Arago nel tomo nono, delle *Oeuvres complètes* a suo luogo citate. Paris 1857; p. 550 (473).

* *Mondes (Les)* : *Pression dans la profondeur des mer.* Vol. II , agosto 1863; pag. 5 (932). Vedi Bankine.

Monnier (P.) : *Supplément aux considérations sur la loi à laquelle sont assujettis les courants dans la Manche* etc. (Ann. marit.) Paris 1839; tom. I, p. 143 e 144 (261).

Considérations générales sur la loi etc. come sopra (Ann. marit.); Paris 1835; tom. II, pag. 631 e seg. (1147).

Considérations sur la formation des attérissements dans les ports , rades etc. (Annali citati.) Parigi 1837; tom. 2.°, pag. 1304 (363), 1303 e 1304 (1138), 1305 (1247), 1300 (1287).

Mémoire sur la barre de Bayonne. (Ann. citati) 1837; tom. 2.°, p. 805 e 806 (534), 803 (1404).

Note sur la baie de Saint-Jean-de Luz. (Ann. citati) 1837; p. 821 (731).

* *Description nautique des côtes de la Martinique* etc. Paris 1828; p. 98 (272), 155 (533), 162 e 163 (673), 140 (1159).

Montanari: *Il mare Adriatico e sua corrente esaminata* ec. (Racc. cit. d'Aut. Ital.). Bologna 1822; tom. IV, pag. 488 e 489 (109), 489 (525), 489 (817), 469 (1243), 471 e 484 (1279), 469 (1282).

* Montésino: facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; p. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

* Montferrier (De): *Dictionnaire des sciences mathématiques pures et appliquées.* Paris 1838; tom. 2.°, pag. 265 (191).

* Montravel (de) : Citato da Rodriguez nell'opera a suo luogo notata. Parte seconda, pag. 754 (554).

* Moorsom (W. S.) *Wave-gauge* (Nautical Magazine), London 1850; vol. XIX p. 224 e 225 (521).

* Moquin-Tandon (sotto il pseudonimo di Alfred Fredol): *Le monde de la mer*. Paris 1865 ; pag. 118 e 120 (946), 103 (1475), 237, 245 e 248 (1493), 51 (1495), 51 e 52 (1497), 51 e 53 (1498).

* Moresby (R.) et Elwon (T.) : *Instructions nautiques* (mer Rouge) , inserite in Horsburgh nell'opera *Instructions nautiques* a suo luogo notata tom. 1.° p. 545 (306).

* Morin (Artur): *Note sur le mouvement de l'eau dans les canaux*. (Comptes rendus de l' acad. des scien.). Paris 1864; tom. 58 pag. 726 (4).

* Morin (P-E) : *Mémoire sur les encombrements des ports de mer*. Paris 1835; § 6 (13), § 57 (14), § 18 (1218).

* Mottez (A.): *Réflexions sur différents points de théorie du Navire*. Toulon 1864; pag. 11 e 12 (351), 12 (352), 7 e 8 (1048).

* Mouchez: *Descriptions des côtes du Brésil* (Ann. Hydrog.). Paris 1863; 3.e trim. pag. 27 (1168).

* Mougel-Bey : Citato dal Calindri nell' opera - *Apertura e canalizzazione dell' istmo di Suez*. Torino 1856; pag. 83 (237).

* *Mémoire sur l'ensablement des côtes , et en particulier de la côte de Bayonne, comparée au regime de la plage de Peluse*. Inserita nel Rapport de la commission Hollandaise. Paris 1860; pag. 311 (1297), 334 e 335 (1398), 306 e 307 (1405).

* Moulac (V. A.): *Portulan des côtes de la Manche, du canal de Bristol* etc. Paris 1855; p. 599 (565), 671 (566), 10 (613), 574 e 575 (1167).

Murchison (Sir R. I.), de Verneuil e de Keyserling: *The Geology of Russia in Europe*, etc. vol. 1.°, capitoli XX e XXI, 1845 (48).

* Il medesimo solo; *Movement of Waves*. Articolo inserito nell'Address to the royal geographical society of London; delivered at the anniversary meeting on the 24th may, 1858. London 1858 ; pag. 90 (48).

* Vedi l'Appendice, N.° I, pag. 559 e 560 di questo volume.

N

* Nairne: Citato d'Arago nelle *Oeuvres*. Tom. 9. p. 615 (831).

* Nautical magazine and naval chronicle (The): *Sketch of the operations at cape Frio, to recover the treasure and stores lost in his Majesty's late ship Thetis*. London 1832 ; volume 1.° articolo primo p. 24 (754), 26 755), 24 (764), 27 (765, 766, 767 e 771).

* Secondo articolo in continuazione del primo pag. 70 e 73 (750) ,

69 (756), 72 (757), 70 (768 e 769), 71 (770), 69 (772 e 773), 71 (774), 71 e 72 (775).

* Terzo articolo - *Wreck of the Thetis*; lo stesso volume pag. 128 (757, 758, 759, 760, 761 e 762), 129 (763 e 776).

* Nautical Magazine etc. *Experiments made to determine the Length, Height, and speed of the sea, near the cape of Good Hope.* London 1848, Vol. XVII, pag. 228 (474-476).

* Negrelli: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

Newton: *Philosophiae naturalis principia mathematica.* Prop. XLII, probl. X (3), (39).

* Nicolò da Poggibonsi (Fra): Citato dal Padre Alberto Guglielmotti nel suo Vocabolario mss. *Marino e militare*, alle voci *Archeggiare*, *Bordeggiare* (1121).

* Nobili (A.): Vedi Rendiconto delle adunanze de' lavori dell'Accademia delle scienze di Napoli 1842; p. 114 e 99 bis. (1258). Rendiconto come sopra 1844; t. 3.°, p. 36 (1258).

* Norie (J. W): *A complete set of nautical tables* etc. London 1810, (1105).

O

* Omboni (Gio.): *Elementi di storia naturale. Geologìa.* Milano 1854; pag. 388 (1454).

Orbigny (A. d'); *Cours élémentaire de Paléontologie et de géologie stratigraphiques.* Paris 1849; vol. I, p. 75 § 76 (657), § 111 (1310), § 91 (1311), pag. 76 § 77 (1399), pag. 72 e 73 § 75 (1412), pag. 77 § 79 (1436), p. 76 § 77 (1440), p. 85 § 94 (1443), p. 85 § 94 (1444) p. 76 § 77 (1461), p. 89 e 90 § 103 (1467).

* *Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche des environs de Paris.* (Bulletin de la Société Géolog.), Paris 1840; tom. 11.°, p. 38 (1436).

* *Recherches sur les lois qui président à la distribution géographique des mollusque marins côtiers* (Comp. rendus de l'acad. des sciences). Paris 1844, vol. XIX. pag. 1076 (1458).

* Citato dal d'Archiac nell'opera - *Introduction* etc. a suo luogo registrata tom. 2.°, pag. 365 e 366 (1472).

* Citato dal d'Archiac nell'opera - *Histoire de la Géologie.* Tom. I, pag. 395 (1476).

* Ovidius: *Metamorphos.* Lib. XV, v. 287 a 295 (1419).

P

* Paganini: *Trattato della sfera ed introduzione della navigazione per uso de' piloti.* Venezia 1750 (1105).

Pagel (L.): *La latitude par les hauteurs hors du méridien* etc. (Ann. maritimes). Paris 1847; tom. II, (1105) p. 1171 (1234).

* *Rapport sur la navigation du vaisseau l'Eylau, de Vera-Cruz a Toulon* (Ann. Hydrog.) 1.° trimestre 1863; pag. 211 (248), 212, 376 e 215 (377, 378 e 379), 214 (1114).

* Pagès (de): *Voyage autour du Monde et vers le deux poles* etc. Pendant les années 1767, 68, 69, 70, 71, 73, 74 et 76. Paris 1782; tom. 2.°, p. 62 (289), 44 (491), 68 e 111 (865).

* Paget: *Appareil d' éclairage sous-marin*, de M. Bazin (Illustration tom. XLIV, 10.° livraison mensuelle). Paris 1864; pag. 267 (955).

* Paleocapa: *Considerazioni sul protendimento delle spiagge e sull'insabbiamento dei porti dell' Adriatico applicate allo stabilimento di un porto nella rada di Pelusio.* Torino 1856. Inserite con note nel Giornale dell'ingegnere, architetto ed agronomo. Milano, Anno IV, 1856-57; pag. 543 (692), 528 (1338), 530 (1401), 542 (1482).

* *Sulla corrente littorale dell'Adriatico o moto radente.* Memoria inserita nel *Bullettino dell' Istmo di Suez.* Torino volume quinto luglio ed agosto 1860 pagina 424 (181), 414 (182), 424, 416 e 434 (183), 449 e 450 (707), 451 (1240), 427 (1264), 433 (1277), 432 (1282), 430 (1326), 449 (1330), 430 (1345), 451 (1352), 434 (1356), 428 e 431 (1382).

* *Appendice alle considerazioni sul protendimento delle spiagge* ec. sopraccitate. (Inserita nel giornale dell'ingegnere sudetto). Milano Anno V, 1857; p. 242 (1582), 249 (1585).

* Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

* Si veda l'Appendice N.° 5 dalla pag. 599 alla 601 di questo volume.

Paoli (D.): *Considerazioni* sulla *corrente littorale.* (Esercit. agrarie dell'Accad. di Pesaro anno XI sem. I.) Estratto, Pesaro 1849; pag. 8, 12, 16, 21 e 22 (161, 162 e 163), 10 (235), 38 (1104).

Fatti per servire alla storia de' mutamenti avvenuti sulla costa d' Italia da Ravenna ad Ancona. Firenze 1842; pag. 48 (1357), 46 (1379), 43 e 44 (1386).

* Pareto (R.): *Studj sul porto di Genova.* Pubblicati negli Annali delle opere pubbliche e dell' Architettura, Anno 7.° Napoli 1857; pag. 123

e 124 (410 e 411), 124 (412), 125 e 126 (788), 140 (pag. 542 di questo volume).

* Paris (C. B.): *Dictionnaire de marine à voiles et à vapeur. Marine a voiles.* Paris 2ª edizione 1848 alla voce *Lame* (1115).

* Il medesimo alla voce *Courant* (1233).

* *Instructions sur la manoeuvre des Canots navigant avec gros mer et dans les brisants* etc. Paris; senza data secondo il mal vezzo di taluni librai, pag. 9 e 8 (1172), 11 (1176).

* *L'art naval à l'exposition universelle de Londres de* 1862. Paris, anche questa senza data, ma credo pubblicata nel 1863. Pag. 123 (1230).

* Parlatore (F.): *Viaggio per le parti settentrionali di Europa* fatto nell'anno 1851. Firenze 1854. Parte prima p. 316 (308), 295 (664), 318 e 319 (1209).

* Parry (W. E.): *Voyage fait en* 1819 *et* 1820 *sur les vaisseaux de S. M. B. l'Hécla et le Griper* etc. Paris 1822; pag. 286 (385).

* Peacock (Geo.): *Remarques sur l' atterrage des environs de Valparaiso.* (Ann. maritimes etc.) Paris 1847 ; tom. 2.° p. 248 (884), 248 e 249 (1164).

* Pelletan: citato da Le Hon nell'opera a suo luogo notata: pag. VI (211).

* Pentland (Barclay G.): Citato dall'Arago nei *Comptes rendus de l' acad. des scien.* Paris 1837; tom. V, p. 703 (451).

* Péron (F.): *Voyage de découvertes aux terres australes* etc. negli anni 1800 a 1804. Paris 1807; Tom. 1.° pag. 275 e 276 (603), 321 e 322 (810). Tom. 2.° p. 327 (832). Tom. 1.ª pag. 175 (1174).

* Pérouse (de la): *Voyage de la Pérouse autour du monde.* In quarto. Paris 1797; tom. 2.° p. 48 (291), 236 e 237 (602), 236 (870).

* Pezenas: *Elementi dell'arte nautica.* Livorno 1754 (1105).

* Phipps (C. J.) : *Voyage au pole boréal fait en* 1773 *par ordre du Roi d'Angleterre.* Paris 1775; pag. 73 (828), 86 a 89 (1045).

* Picquet: citato da Freycinet , nell'opera sotto la data Paris 1815, a suo luogo notata, p. 157 (532).

* Piddington (H.): *On the storm waves and storm currents of hurricanes* (Nautical magazine). London 1846; vol. XV, pag. 577 e 578 (356), 578 (375 e 397), 579 e 580 (1071), 579 (1072 e 1073), 580 (1074).

* Citato da Zurcher nell'opera a suo luogo notata p. 145 e 146 (375).

* Pigafetta (Antonio): *Primo viaggio intorno al globo terraqueo, ossia ragguaglio della navigazione alle indie orientali per la via d' occidente.* Milano 1800; pag. 181 (913).

* Pigonati (Andrea) : *Memoria del riaprimento del porto di Brindisi.* Napoli 1781; pag. 24 (1258), 27 (1480), 519 (1503).

Pilla (L.): *Trattato di Geologia.* Pisa 1847 ; parte I, pag. 138 (159), 123

(656), 122 e 123 (696), 381 e 382 (925), 381 e 382 (1455). Parte seconda, p. 47 e 48 (1459).

* Pimentel (M.): *Arte de navegar*. Lisboa 1762 (1105).

* Pingré: Citato nel viaggio del de Courtanvaux, in quello del de Verdun de la Crenne ed in quello del de Fleurieu, registrati a loro luogo (1042 e 1046).

Plana: *Notes sur la théorie des ondes donnée par M. Poisson.* (Memorie dell' accad. di Torino già citate). Torino 1820; tom. 25, pag. 113 e seguenti (3), p. 113 (131).

* Plancus (J.): Vedi Bianchi.

Playfair: Nel Pilla opera a suo luogo registrata. Parte prima p. 123 (682).

* Citato dal Deluc (J. A.) nel *Traité élémentaire de Géologie*. Paris 1810; pag. 156 (682).

Plinio: Per l'effetto dell'olio sull'acque, citato dal Marmocchi nella geografia, a suo luogo notata, pag. 366 (252).

* *Nat. Hist.* Lib II, cap. XCVII (1252), Lib. II, cap. LXXXV, Lib. III, cap. V (1363), Lib. XXXII, cap. VI (1493).

* Plocq (A.): *Étude des courants et de la marche des alluvions aux abords du détroit de Douvres et du Pas-de Calais* etc. Paris 1863, p. 20 e 21 (1318).

* Ploix (Carlo): *Météorologie nautique. Vents et courants, routes générales extrait des* Sailing Directions de Maury, *et des travaux les plus récents*. Paris 1863; pag. 13 (517), 40 (1029 e 1030).

Plutarco: Per l'effetto dell'olio sull'acqua citato dal Marmocchi nella geografia a suo luogo notata, pag. 366 (252).

* *De Placitis Philosoph.* Lib. III, cap. XVII (1252).

* Poggibonsi (Fra Niccolò da): Vedi Niccolò da Poggibonsi.

* Poggioli (Sebastiano): *Dell' influenza che ha il raggio magnetico sulla vegetazione* delle piante. (Opuscoli scientifici). Bologna 1817; tom. primo pag. 23 (529), 9 e 10 (919).

Poirel: *Mémoire sur les travaux à la mer*. Paris 1841; pag. 25 e 5 (705).

Poisson: *Mémoire sur la théorie des ondes*. (Nouveau recueil de l'accad. des scien.). Paris 1818; tom. I, pag. 72 (3 e 39).

* Citato dal de Tessan nell'opera a suo luogo notata, t. V, p. 138 (851).

Poleni: *Del moto misto dell' acqua* (Rac. cit. d' Aut. ital.). Bologna 1823; tom. VI, pag. 65 e 66 (119).

* Polo (Marco). Vedi Marco Polo.

Poncelet: *Notice sur quelques phénomènes produits à la surface libre des fluides*. (Annales de Chim. et de physique.). Gennaro 1831; pag. 14 e 15 (198), 14 e 15 (335).

Ponzi (G.): *Sul modo di esistere dei depositi di sabbia lungo le spiaggie mediterranee*. (Corrispondenza scientifica in Roma), n. 14, 31 agosto

1855; p. 113 e 114 (179), 113 (1212), 114 (1213), 113 e 114 (1406), 113 e 114 (1408).

* *Sugli animali fossili che precedettero l'uomo nell'Italia centrale.* Roma 1862; pag. 9 (1453).

* Porta (G. B. della): *De aeris transmutationibus.* Roma 1614; lib. 4, cap. 12, p. 148 e 149 (1256).

Poterat (de): *Théorie du navire.* Paris 1826; tom. I, pag. 315 e seg. (89).

* Citato da Bougainville figlio nell'opera notata; tom. I, p. 156 (363).

* Portlock et Dixon : *Voyage autour du Monde* etc. Fait en 1785-1788. Paris 1789; p. 78 (288).

Pouillet: *Éléments de physique expérimentale et de méthéorologie.* Paris 1853; sesta edizione, tom. II, pag. 671 (250).

* Pouillon de Boblaye. Vedi Boblaye.

* Pozzo (Bartolomeo del): *Historia della Religione di Malta.* Verona 1703; in 4.° tom. 1.°, p. 828 (714 e 715).

* Prevost (Antoine François): *Histoire général des voyages* etc. Paris 1753; edizione in 4.° tom. onzième pag. 634 (225), 122 e 123 (858).

Prony (de): *Examen relatif aux projets du barrage de la Seine dans le voisinage du Havre.* Paris 1831; pag. 30 (1249).

Description hydrographique et historique des marais Pontins. Paris 1822, pag. 73 § 81 (1363).

* Citato dal de Beaumont nell'opera - *Leçons* etc., a suo luogo notata; pag. 344 (1351).

Q

Quatrefages (de): *Souvenirs d' un naturaliste.* Paris 1854; tom. I, pag. 96 e 97 (679), 203 e 204 (951); tom. II, pag. 177 e 476 (1217).

R

* Raffeneau de Lile: *Extrait d'un rapport sur les projets d'amélioration et d'agrandissement du port de Cette.* Paris 1841; p. 38 (1422), 24 (1558).

* Ravioli (C.) *Viaggio della spedizione romana in Egitto.* Secondo Rapporto (Giornale, Album romano, Anno VIII, 3 Luglio). Roma 1841; pag. 141 (1485).

* *L'Italia e i suoi primi abitatori*, ec. Roma 1865, cap. XIII, p. 39 (1485).

Redfield (W. C.): *Sur les glaces de l'Océan atlantique septentrional.* (Annales maritimes). Paris 1845; tom. II, pag. 511 (239). Tradotto dal *Nautical Magazine*, giugno e luglio 1845.

* Regy: *Mémoire sur l' amélioration du littoral de la Méditerranée dans le Département de l' Hérault.* Paris 1863 ; pag. 23 e 13 (1302), 15 (1490), 24 (1491), 12 (1559).

Reibell: *Programme ou résumé des leçons d' un cours de construction* etc. di Sganzin. Paris 1840 ; tom. II, pag. 171 (195 e 196), 172 (198 e 199), 201 (248), 174 (510), 205 (693), 181 (728), 204 e 202 (1288), 171 (1546), 289 e 290 (1591).

* Reid (W.): *Sviluppo progressivo della legge delle tempeste e dei venti variabili.* Malta 1853; p. 32 e 35 (357), 36 e 37 (358), 39 (359), 40 (360).

* Renaud : Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856 ; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

* Rendel: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

Rennell (J.): *An investigation of the currents of the atlantic Ocean* etc. London 1832; pag. . . (241), 70 (253).

Rennie (G.): Estratto degli atti inserito nel *Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay.* London 1846; pag. 37 (46), 34 (58), 37 (59 e 63).

* Rennie (Sir John): *The theory, formation and construction of british and foreign Harbours.* London 1854; in foglio, Vol. I, p. V (47), 76 (230).

Riche: Nell' opera citata di de Dentrecasteaux, pag. 208 (660).

* Rigault de Genouilly: Facente parte della Commissione internazionale per il *Percement de l' isthme de Suez.* Paris 1856 ; pag. 108, 114 e 115 (102), 101, 96 e 118 (103), 112 e 123 (104); (105).

Ritis (V. de): *Il porto di Nisita.* (Annali civili delle due Sicilie). Napoli 1838; fasc. XXXV, p. 23 (794).

Il porto di Catania (Ann. suddetti). Napoli 1853, fasc. XCIII. pag. 53 e 54 (168), 52 (1191).

Robert (E.): *Action remarquable des vents de* ONO *sur les galets et la direction de l' embouchure des rivières dans la Haute Normandie.* (Bulletin de la société géologique de France). Paris 1843 a 1844 p. 57 e 58 (1312).

Robertson (A. J.): *On the theorie of waves.* Inserita *Abstracts of the papers communicated to the royal society of London.* Dal 1850 al 54 inclusive. London 1854, Vol. VI, pag. 231 a 233 (68).

* Roche-Poncié (de la): citato da A. Jonglez de Ligne, nella Scrittura *La rade de Dunkerque* (Revue maritime et coloniale). Paris 1864; tom. onzième pag. 188 (742).

Rodriguez (E.): *Guida generale della navigazione per le coste settentrionali ed orientali dell' America* ec. *nella quale si tratta de' fenomeni più notevoli dell' Oceano atlantico, de' venti, delle correnti, degli uragani, del mar di sargasso, dello scoloramento delle acque, del miraglio, delle nubi magellaniche, della temperatura, della profondità del mare* ec.

Napoli 1854; Parte prima, pag. 680 (248), 83, 84, 143 e 144 (335), 820 (386), 208 (1069), 347 (1234), 289 a 436 (1236), 143 (1546).

* Parte seconda, 1857; pag. 197 (553), 754 e 783 (554), 787 (555), 980 (556), 980 (557), 87 (732), 494 (763), 723 (843), 253, 1002, 1003, 1016 e 1017 (887).

* Roffia (Marcantonio): *Vocabolarietto di termini marinareschi.* Pubblicato dal Fanfani nel Borghini, giornale filologico. Firenze, ottobre 1863; alla Voce *Risacca* (786).

* Romme (Charles): *L'art de la marine.* etc. A la Rochelle 1787; p. 35 (425).

* *La science de l' homme de mer.* A la Rochelle 1800 (1105).

* *Tableaux des vents, des marées et des courans.* Paris 1806; tom. 1.° pag. VII (225); tom. 2.° pag. 132, 158 e 159 (227); tom. 1.° 235 (227); tom. 2.° 167 (227), 77 (294), 117 (295), 128 (296), 234 (297), tom. 1.° 47 (318), 242 (318); tom. 2.° 103 e 104 (318), 15 e 16 (396), 193 (1064); t. 1.° 216 (268); t. 2.° 95, 107, 108 e 251 (268), 276 e 277 (666).

* Roquefeuil (Camille de): *Journal d'un voyage autour du monde,* pendant les années 1816-19. Paris 1823; tom. 1.° pag. 246 e 247 (320), 177 (535), 26 (822), 15 (874), 34 e 274 (1160); tom 2.° pag. 6 e 34 (332), 282 e 283 (1066).

Roquette (de la): *Routes par bateaux à vapeur dans l'Océan indien.* (Bulletin de la societé de Géographie). Paris 1852; pag. 48 (538).

Ross (J.): *Rélation du second voyage fait à la recherche d'un passage au Nord-Ouest, pendant les années* 1829 *à* 1833. Traduit sous les yeux de l' auteur par A. J. B. Defauconpret. Bruxelles 1844. Tom. 1.° pag. 157 (229), 66 (1113), 100 (1161); tom. 2.° 102 e 103 (1203).

* Ross (Sir James Clark): *A voyage of discovery and research in the Southern and Antarctic regions, during the years* 1839-43. London 1847; t. I, pag. 4 (470), 31 e 32 (471); tom. II, pag. 170 (472), tom. I, 99, (491), 97 (1068), 97 (1100).

Rossel (de): *Courant.* (Annales maritimes et coloniales). Paris 1826, t. I, pag. 594 (235), 597 (1272).

* *Traité de navigation.* Paris 1814 (1105).

Rossi (V.): *Di una efficacissima pratica per stabilire la sussistenza dello sbocco dei fiumi in mare.* pag. 8 (154), 9 (155), 8 (1522).

* *Memoria per un piano di lavori pel definitivo bonificamento della campagna vicana.* Napoli 1843; pag. 137 e seg. (1517).

**Su certi fenomeni marittimi ed intorno ad alcune opere relative allo sbocco dei fiumi in mare al proposito di due pubblicazioni del Cialdi.* (Annali delle opere pubbliche e dell'architettura). Napoli, Anno 7.° 1857; pag. 240. (154), 241 (156), 245 (1523), 245 (1528), 247 (1531), 246 e 247 (1568).

* Si veda l'Appendice, N.° 3, dalla pag. 576 alla 598 di questo volume.

*Rossi (A.): Vedi *Corrispondenza Astronomica* del baron di Zach. T. IV(1257).

Roussin (de): *Le pilote du Bresil* etc. Paris 1827; pag. 153 (835), 53 (1169).

* Citato da Rodriguez nella parte seconda dell' opera a suo luogo registrata p. 787 (555).

Russell (John Scott): *Recherches expérimentales sur les lois de certains phénomènes hydrodynamiques* etc. Traduzione di Emmery e Mary (Ann. de pon. et chaus). Paris 1837; pag. 164 (111), 166 (1145).

Rep. 7th. Mect. brit. assoc. at Liverpool, 1838, *Report on Waves* con gran numero di tavole (Rep. 14th. Mect. brit. assoc. at York, 1844). Londra 1845; p. 311 (41 a 46 e 1216). Di questi lavori dello Scott Russell, non avendo potuto avere l'originale, mi sono servito del breve estratto che ne ha pubblicato d'Archiac nell'*Histoire de la géologie* a suo luogo notata; tom. 1,°. p. 147 (44 a 48), così pure ho usato di quanto ne riporta la Somerville nell'opera al suo posto registrata: tom. 1.°, pag. 267 (44 e 45).

* Favorito in seguito, dalla squisita gentilezza dello stesso sig. Russell, del dono di un esemplare dell' indicata sua importantissima opera, ho potuto oggi farne tesoro nella mia. Eccone l'intero titolo. *Report on Waves, made to the meetings of the british association in* 1842-43. London 1845. pag. 9 e 10 (49 e 50), 66 (94), 68 (457 e 458), 69 (459), 5 (1510).

* Rutilii Numat. Galli V. C. *Itinerarium*. Lib. 1.°, v. 537 et seq. (846).

S

* Sabine (Generale) : Citato dal Fitz Roy nell' opera a suo luogo notata - *The weather book*; pag. 82 (259).

* Saint-Amans (de): *Voyage des Landes*. Citato da Emy nell' opera - *Du mouvement des ondes* a suo luogo registrata. Paris 1831; p. 89 (1314).

* Sassetti (Filippo): *Lettere*. Lettera LXXXV. Firenze 1855; pag. 266 e 267 (1124).

Savary: *Rapport* fatto all' *Accademie royale des sciences séance du 4 mai* 1835, della Memoria di M. Monnier *sur les courants périodiques qui dans la Manche et les mers voisines, se rattachent au mouvement des marées*. (1147).

Saverien: *L'art de misurer sur mer le sillage du vaisseau. Paris* 1750; (1105); pag. XX (1108).

Scaccia: vedi *Dizionario geografico storico della Toscana* di Repetti , Firenze 1839; art. *Maree* (1258).

Scamozzi: *Dell' idea della architettura universale*. Venezia 1687; pag. 126 (114 e 718).

* Schleiden: Citato dal Maury nella geografia fisica del mare a suo luogo registrata § 675 (927 e 928).

* Citato dal Moquin-Tandon nell' opera a suo luogo notata pag. 36 (1448).

* Scoresby (W.): *On Atlantic Waves, their magnitude, velocity, and phaenomena.* (Report of the twentieth meeting of the British association for the advancement of science: held at Edinburgh in july and august 1850). London 1851 pag. 26 a 31 (477-486).

* Citato da Arago nelle *Oeuvres*, a suo posto notate, Paris 1857; t. nono pag. 325 e 326 (263), 332 (830), 319 (958).

* Scott (Michael): *Description of a Breakwater at the port of Blyth; and of improvements in breakwaters, applicable to harbours of refuge.* London 1859; pag. 5, 6 e 7 (77 e 78).

Secchi (P. Angelo): Traduzione compendiata della citata grand'opera di Maury, 1852, inserita negli Annali di scienze matematiche e fisiche compilati dal Prof. Tortolini. Roma 1853; t. IV, p. 256 (242), 256 (1228 e 1235); nella *Corrispondenza Scientifica in Roma* 1852; pag. 257 (1228 e 1235); ed in francese riprodotta nella *Bibliothèque universelle de Genève. Archives*; t. 24.° 1853; pag. 105 e seguenti (242), 105 (1228 e 1235).

* *L'unità delle forze fisiche, saggio di filosofia naturale.* Roma 1864; p. 245 (353), 338 (892), 150 (1100), 190 (1146), . . (1304).

* Seneca: *Trag. Medea* Actus II, chorus (1196).

Sereni: *Idrometria.* Roma 1853; pag. 258 (1268), 320 (1549).

* Sganzin e Reibell: *Programme ou résumé des leçons d'un cours de constructions* etc. quatrième édition. Paris 1850. Vedi Reibell.

* Sharpey (W.): Citato dal Maury nell'opera *Explanations and sailing directions* già citata. Volume primo, pag. XXI (1233).

Siau: *De l'action des vagues à des grandes profondeurs* (Annal. de phys. et de chim.) 2.° sér. vol. II, Paris 1841; p. 118 e 120 (618). Ovvero si vegga (Accad. de science. 26 avril 1841. L'institut. 8 mai 1841).

Smeaton: In Emy prim' opera citata pag. 661, ed anche in da Minard opera cit. pag. 9 (240).

Smyth (Hamilton): Citato da de la Beche nel suo Manuale pag. 95 (674).

* Smyth (J. M. Frederic): *Report of the commissioners..... on harbours of refuge.* London 1859; vol. I, pag. XXVI e XXVII (72-76).

Smyth (W. H.): *The Mediterranean a memoir physical, historical and nautical.* London 1854; p. 162 (409), 242 e 243 (513), 110 e 111 (649), 151 (1237).

* Soldani: Citato dal Brocchi nell' opera - *Conchiologia* ec. a suo luogo notata, pag. LVII (1471), e dal d' Archiac nell'opera *Introduction* etc. a suo luogo notata, tom. I, pag. 27 e 28 (1471).

Somerville (Mary): *Physical geography*. Londra 1849; vol. I, pag. 330 e 331 (262 e 665). * Tradotta in nostra lingua dal Pepoli (E.). Firenze 1856; tom. 1.° pag 271 (676); tom. 2.°, pag. 94 e 95 (917), 96 (921).

Spallanzani (L.): *Viaggi alle due Sicilie*. Pavia 1792; tom. II, pag. 42, 43 e 44 (649), 44 (650); t. IV.° pag. 116 e 117 (700). Lo stesso, edizione in francese. Berne 1795 t. II, pag. 34, 35, tom. IV, pag. 99.

* Citato dal Brocchi nell' opera - *Conchiologìa* ec. a suo luogo notata, pag. LIX (1472), e dal d'Archiac nell'opera - *Introduction* etc. a suo luogo registrata, tom. I, pag. 37 (1472).

Sponzilli (F.): *Disamina di otto Memorie recate come soluzione del Problema proposto dalla Reale Accad. di Belle Arti di Napoli, per la ricerca di un novello Gran Porto sulle coste delle Due Sicilie*. Inserita negli Ann. delle opere pub. e dell'architettura. Napoli anno 4.°, 1854; p. 136 e 137 (171), 136 e 138 (172), 133 (173), 148 e 149 (797), 136 (906).

* *Su i porti di Napoli ricerche idrauliche*. (Ann. citati) anno 5° 1855 ; pag. 107 (174).

* Spratt: Citato dalla Somerville nell' opera a suo luogo registrata. Traduzione italiana di E. Pepoli; tom. 2° pag. 96 e 97 (922).

* Citato dal Moungel-Bey nell' opera al suo posto notata ; pag. 354 e 335 (1398).

Stafford-Bettesworh Haines: *Description des côtes méridionales d'Arabie* etc. Traduzione di Passama e di de la Vaissière. (Annales hydrographiques), tom. I, Paris 1849; pag. 357 (237).

* Stavorinus (J. S.): *Voyage par le cap de Bonne-espérance et Batavia, à Samarang* etc. *en* 1774, 75, 76, 77 *et* 78. Paris an. VII de la rèpublique francaise; t. 1°. p. 27 e 28 (821); t. 2.° p. 165 (842), 333 (1156).

Stevenson (Alan): *Questions transmetted by Lieut-general sir Noward Douglas , With answers to the same*. Unite al *Report on the habour of refuge to be constructed in Dover bay*. London 1846 pag. 129 (64 e 65), 111 (66, 67), 111 (1104), 127 (1127), 127 (1149).

Stevenson (T.): *Account of experiments upon the force of the waves of the Atlantic and german Oceans*. Inserito nell' Appendix to minutes etc. che fa seguito al *Report on the habour* etc. 1846, di sopra citato, pag. 108 (676), 105 106 e 107 (690).

* *Progetti e costruzione de'porti*. Encyclopedia britannica. Edimburgo 1856. Traduzione dall' inglese dell' ing. N. De Rosa, uno dei Collaboratori degli Ann. dell'opere pnbbliche e dell'architettura: Anno 7,° Napoli 1857; pag. 211 e 212 (323, 324 e 325), 222 (506), 210 (690), 209 (710), 210 (711 e 712), 212 (713), 211 (1298).

* Stevenson (D.) : Citato da Tommaso Stevenson nell' opera seconda qui sopra registrata; pag. 209 (709).

Stile (I.): *Relazione del lago Fucino e dell'emissario di Claudio.* (Annali civili delle due Sicilie) fasc. CI, 1854; pag. 64 e 59 (1395).

Stratico (S.): Traduzione dell'*Esame marittimo* ec. di Juan, Milano 1819 tom. II, pag. 504 (89).

Annotazioni alla traduzione della teoria compita della costruzione e del maneggio dei bastimenti di L. Eulero. Padova 1776; pag. 426 (127).

* *Vocabolario di marina.* Milano 1813, alla voce *Furiano* (1345).

* Sulivan (B. J.) *Report of commissioners . . . on harbours of refuge.* London 1859; Vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

* Surville (dè): *Extrait du voyage*, unito a quello di Corzet a suo luogo citato, pag. 288 e 289 (1173).

T

Tadini: *Di varie cose all' idraulica scienza appartenenti.* Bergamo 1830; p. 185 (93), 238 (141), 252 (691), 89 e seg. (1139), 238 e seg. (1221), 240 (1248), 259 (1269), 238 (1578).

* Tandon; vedi Moquin-Tandon.

Targioni Tozzetti: *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana.* Firenze 1768; seconda edizione tom. V, pag. 296 (849); t. II pag. 493 (1256), 390 e 391 (1501).

* Tasso (T.): *Gerusalemme liberata.* C. XV. ot. 32 (803).

* Tate (J.): *Philosoph. magazine*, 1823, vol. LXI (444).

* Citato da Horsburgh nell' *Introduzione* ec. a suo luogo notata. Paris 1824; pag. 91 (444).

* Citato ancora dall'Arago nelle *Opere.* Paris 1857; tom. 9.° p. 551 (444).

* Tayler: *Plans for the formation of harbours of refuge* etc. Plymouth 1840 (837).

Temanza: riportato dal Toaldo: Vedi questo nome nell'opera *Della vera influenza* ec. pag. 77 e seg. (240).

* Terquem: *Guide du marin, resumé des connaissances les plus utiles aux marins.* Paris 1863; t. secondo p. 316 e 317 (504 e 505), 191 e 192 (514).

Tessan (U. de): Parte *Physique* del *Voyage autour du monde sur la frégate la Vénus* comandata dal capitano di vascello A. Du Petit-Thouars. Paris 1840; tom. V, della parte fisica e X del viaggio; pag. 121 (17), 123 e 124 (18), 127 e 128 (19), 128 (20), 136 (21), 265 e 266 (248), 125 (251), 320 (257), 132 (312), 65 (390), 138 (427), 102, 104, 219 e 265 (440), 130 e 131 (491), 128 (509), 374 e 375 (515), 379 (516), 129 e 130 (594), 138 (619), 128 e 129 (634), 146 e 147 (907), 147 (908), 384 (910), 304 (934), 304 (936), 303 e 304 (937), 59 e 60 (938), 119, 144

e 145 (1070), 121 e 136 (1108); tom. I della fisica e VI del viaggio, pag. 103 e 461 (1070); tom. I e tom. V della fis., pag. XVII e pag. 380 (1108); tom. V pag. 121 e 122 (1128 e 1129), 123 e 124 (1130), 124, 125 e 126 (1131), 126, 127 e 128 (1132). Tom. II, pag. 455 (937), 360 (938).

* Si veda l'Appendice al N.° 2, dalla pag. 561 alla pag. 576.

* Citato dal de Caligny nell'opera - *Expériences sur une nouvelle éspèce d'ondes liquides* etc. a suo luogo notata, p. 97 (1104).

Thevenard (A.) : *Mémoires relatifs à la marine.* Paris an. VIII; tom. I, pag. 6 (1121).

Thibault (L. A.) : *Recherches expérimentales sur la resistance de l' air, et particulièrement sur l' impulsion du vent.* Brest 1826; pag. X e XI (219).

* Thomas (F. W.): Mer du Nord. *Instructions sur les Orcades.* Traduzione di Le Gras. Paris 1859 ; pag. 145 (570), 158 (571), 161 (572), 207 (573), 128 (668).

* Thomson (D.): citato da Horsburgh nelle *Instructions nautiques* a suo luogo notate. Paris 1853; T. 1.° p. 13 (443).

Toaldo: *Della vera influenza degli astri.* Padova 1770; pag. 37 e 81 (240). pag. 69 e seguenti (1256).

* Vedi per la marèa nell'Adriatico *Philosophical transactions of the royal society.* vol. LXVII. London 1777; p. 145 a 161 (1255).

* Tofino: citato dal Rodriquez nella parte seconda dall' opera a suo luogo registrata. Napoli 1857; pag. 1117 (558).

* Tonello (G.): *Corso ristretto di Navigazione teorico-pratico.* Trieste 1827; (1105).

* Tricault (E.) : *Résumé de la partie physique et descriptive des* Sailing directions *du lieutenant Maury* etc. (Ann. Hydrograph.). Paris 1857; tom. 13.°, pag. 454 (1089).

* Trinchera (Beniąmino): *Studi idrodinamici, nautici e commerciali sul vecchio porto di Salerno.* Napoli 1865; pag. 8 (1563).

* Tronci: *Annali di Pisa,* rifusi e corretti da Valtancoli Montagio. Lucca 1842, vol. I, pag. 57 (1301).

* Tuckey: Citato dall' Arago nelle *Opere* a suo luogo notate; tom. 9. pag. 108 (942).

Turazza (D.): *Trattato d' idrometria.* Padova 1845; pag. 222 e 224 (1268).

U

* Ulloa (Don Antonio de): *Voyage historique de l'Amérique meridionale fait par ordre du Roi d'Espagne* etc. A Amsterdam et à Leipzick 1752; T. 2.° p. 112 e 113 (622), 17 e 18 (823), 167 (860), 87 e seg. (1059).

V

* Vaillant: *Voyage autour du monde exécuté pendant les années* 1836 *et* 1837 *sur la corvette La Bonite.* Paris 1841; pag. 68 e 69 (307).

Van Beek: *Mémoire concernant la propriété des huiles de calmer les flots et de rendre la surface de l'eau transparente.* (Annal. de chim. et de phys.). Paris 1842, tom. IV, pag. 257 e seg. (249 e 252).

* Vancouver (G.): *Voyage de découvertes, à l'Océan Pacifique du Nord, et autour du monde* etc. Exécuté en 1790 à 1795. Paris an VIII, in 4.° tom. 2.° p. 459 (250), 430 (292); t. 1.° 38 (638), 55 e 56 (871), 5 (1155); tom. 2.° 246 (1112).

* Vaneechout (Ed.): *Instructions nautiques destinées à accompagner les Cartes de vents et de courants par M. F. Maury* etc. Paris 1859 p. 162. (517).

* Van Gough: Citato dal Ploix. nell'opera a suo luogo notata, pag. 234 e e 235 (1030).

* Van Lelyveld (F.): *Essai sur les moyens de diminuer les dangers de la mer, par l'effusion de l' huile, du goudron, ou de quelque autre matière flottante* etc. Amsterdam 1776 (252).

* Venturi (G. B.): *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci apportés de l' Italie.* Paris 1797; pag. 5 (206).

Venturoli: *Dell'antico e del presente stato del porto d'Anzio.* (Mem. della Soc. Ital.) – Fisica – tom. XXIII, Modena 1844; pag. 329 e 330 § 23 e 24 (151 e 152), § 22 (1244), pag. 326 § 16, 17 e 18 (1362).

Parere sulla riabilitazione del porto di Fano (Esercit. Agrarie dell'Accad. di Pesaro). Pesaro 1848 anno XI, sem. I, § 30 (1244).

* Verdun de la Crenne: *Voyage sur la frégate la Flora.* Paris 1778, tom. 1.° 128 (861); tom. 2.° pag. 459 e 460 (1046); (1105).

Vetch (J.): *Minutes of evidence taken before Commissioners upon the subject of harbours of refuge. Report of the commissioners upon the subject of harbours of refuge.* London 1845; pag. 33 (1140).

Report (del 1846) *on the harbour of refuge* citato, p. 53 (681), 53 (792).

* *Report of commissioners . . . on harbours of refuge.* London 1859; vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

* Vial du Clairbois: *Traité élémentaire de la construction des bâtimens de mer.* Paris 1805, tom. II, pag. VI (1602).

Vidal: *Description des îles de Madère.* Tradotta dall' inglese dal de Coriolis (Annales hydrographiques). Paris 1849; tom. II, pag. 314 (543).

* Villeneuve-Bargemont (de): *Observations sur la côte de la Terre-de-Feu. Du cap. Pilarès au cap. Horn.* (Ann. maritimes et Coloniales). Paris 1833; tom. II p. 20 (883).

Vincendon-Dumoulin: Parte *Physique* del *Voyage au pole Sud* etc. *sous le commandement* de M. J. Dumont d'Urville. Paris 1844; tomo I, della fisica pag. 4 (1225).

* *Voyage au pole Sud et dans l'Océanie* sopracitato. *Hydrographie*. Paris 1843; p. 137 (1026).

* Citato da d' Urville nel sud. viaggio. Tom. II, p. 184 (431 e 454).

* *Description nautique de la côte Nord du Maroc*. Paris 1837; p. 28 (1194).

Vionnois: Citato dal Reibell nell'opera notata; tom. II, pag. 175 (437).

* Virgilius: Aeneidos, Lib. I, v. 86 (1021).

* Citato dal Boscovich nell'opera - *De maris aestu*, pag. VI (1253).

Virla: *Notes sur le mouvement des ondes et sur les travaux hydrauliques maritimes* (Ann. de p. et chau.). Paris 1835; sem. 2, p. 221, 217, 243, 249 e 250 (9 a 13), 222 (222), 252 (524), 268 (689), 243 (1207), 231 (1219).

Du mouvement des ondes etc. (Ann. de pon. et chau. cit.); 1838, sem. 1, pag. 85 (9 a 13), 79 (1138), 83 (1207).

* Virlet (Teod.): Vedi Boblaye.

Viviani: *Relazione intorno a riparare per quanto possibile sia, la città e campagna di Pisa dalla inondazione* ec. (Rac. cit. d' Aut. Ital.). Bologna 1822; tom. III, pag. 445 e 446 (113).

W

* Walker (William): *The Mariners' Compass*. (Nautical Magazine). London 1844; p. 663 e 664 (455 e 456).

* *Ocean Waves*. (Naut. Magaz.) London 1846 p. 123-126 (460-468).

* Wallich : Citato dal d' Archiac nell' opera - *Introd. à l'étude de la Paléontologie strat.* a suo luogo notata, tom. 2.°, pag. 256 e 271 (931), 262 (932).

Walsh (J. C.) : *Recherches* etc. *Courants sous-marins* etc. (Ann. hydrographiques). Paris 1850; tom. IV, pag. 336 e 337 (1267).

Washinton (J.): *Sur la force des vagues* (Annales maritimes etc.). Paris 1846; tom. 1.° pag. 636 (55 e 56), 636 (721), 636 (1108).

Report of the commissioners upon the subject of harbours of refuge. London 1845; pag. 200 (55 e 56), 200 (1289).

* *Report of the commissioners. . . on harbours of refuge*. London 1859 Vol. I. pag. XXVI e XXVII (72-76).

* *Force of Waves* (The nautical magazine etc.). London vol. XV, 1846; p. 102 (721), 104 (779 e 780).

* Citato dal Calver nell' opera - *Wave screen* a suo luogo registrata; pag. 7 (57), 7 (747).

Weber : *Wellenlehre auf Experimente gegründet, oder über die Wellen*

tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall und Licht Wellen. Leipzig bei Gerhard Fleischer, 1825. (252).

* Lavoro analizzato dallo S. Russell nell'opera *Report on Waves* a suo luogo registrata pag. 25 e 26 (9, 94, 98 e 99).

* Wellesley: Citato dal Rodriguez nella parte seconda dell'opera a suo luogo notata, pag. 783 (554).

Whewell: Quart. Journ. geol. soc. of London, gennaro 1847; num. 11, pag. 227 (48).

Per le marèe; *Essay towards a first approximation to a map of cotidal lines* (Philosoph. Transations). London 1833; parte prima pag. 147 (1144).

* Whidbey: Citato da Vancouver nell'opera a suo luogo registrata. Tom. 2.°, pag. 82 (672).

White: Citato dal Monnier nell' opera *Considérations* etc. Paris 1835 già notata: pag. 361 (1147).

* Citato dal Givry nell' opera a suo luogo notata, pubblicata nel 1851; pag. 403 e 404 (739).

* Wilkes (Char.) *Narrative of the United States exploring expedition.* During the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842. Philadelphia 1845; in 8.° vol. I, pag. 134 e 135 (433, 434, 435 e 436).

* Williams: *Narrative of Missionary enterprises in South sea Island.* Citato da Dove nell'opera a suo luogo posta, pag. 480 (393).

* Wilson: Citato dal Calver nell'opera - *Wave screen* a suo luogo registrata, pag. 7 (745).

* Wollaston (W. H.): Citato da Horsburgh nelle *Instructions* a suo luogo notate pag. 13 (442).

* Worgan: Vedi de la Beche nell' opera *The geolog. observer* etc. London 1853; a suo luogo registrata, pag. 163 (1464).

* Wüllerstorf-Urbair (B. de): *Viaggio intorno al Globo della fregata austriaca Novara negli anni* 1857-1859. Vienna 1862; tom. I, pag. 143 e 144 (499), 278 e 277 (1184).

Z

Zanotti: *Lettera intorno alle paludi pontine* (Rac. cit. d'aut. ital.). Bologna 1823; tom. VII, pag. 38 (128).

* *Risposta alla seconda Memoria del p. Ximenes concernente le obbiezioni da lui fatte contro il Ragionamento presentato alla visita sopra la disposizione dell'alveo dei fiumi verso lo sbocco in mare.* (Racc. cit.); tom. VII, pag. 97 (1545).

Zendrini: *Relazione per la diversione de' fiumi Ronco e Montone* ec. (Rac. cit. d'aut. ital.); tom. VIII, pag. 403 (120), 406 (120), 406 (1296), 406 1547).

Relazione che concerne il miglioramento dell'aria e la riforma del porto di Viareggio (Rac. citata); tom. X, pag. 33 (120), 32 (121).

Edizione di Lucca della stessa *Relazione* pubblicata nel 1736 § 3 (1256).

Delle acque correnti ec. (Rac. cit.); tom. VIII. pag. 155 (246).

Zuliani: *Dissertazione sopra il quesito: quali vantaggi o danni, e in quale stato d'acqua produca nel sistema generale di un fiume la moltiplicità de' suoi sbocchi in mare.* (Rac. cit.); tom. XII, pag. 76 e 65 (134 e 135), 91 (1543), 96 (1545).

* Zurcher (F.): *Les phénomènes de l'atmosphère.* 2.° edition Paris 1864; pag. 143 (369).

* Zurcher et Margollé: *Les tempêtes.* Paris 1864; pag. 100 (387), 135, 136 e 137 (401 e 402), 162 e 163 (675).

AUTORI CITATI IN OMAGGIO AL LORO MERITO, MA NON COMPRESI NEL CATALOGO PERCHÉ LE OPERE LORO A ME NOTE, NON TRATTANO SPECIALMENTE DELLE MATERIE COMPRESE IN QUESTO LIBRO.

* Barilari (P.): (189).
Bartolini (G.): pag. XIV e (189).
* Bascombe (B.): pag. XVI.
Beaufort: pag. XIII.
* Bianchieri (G.): (189).
Boucher: pag. XIII.
Brunel (Padre): pag. XIII.
* Coronini (T.): pag. XVI.
Dausse: pag. XIV.
Folchi (C.): pag. XIV e (189).
* Hughes (W. R.): pag. XVI.
Manetti: pag. XIV e (189).
* Manners: pag. XVI.
* Mathieu: pag. XV.
* Monti (G.): (189).
Natali (S.): pag. XIV e (189).
* Pascal: XVI.
* Persano (C. di):
* Possenti (C.): (189).
Provinciali (P.): XIV.
* Rosa (N. de) pag. XVI e (189).
* Sabine: pag XVI.
* Savi: (189).
* Sauli (D.): (189).
* Simonet de Maisonneuve: pag. XVI.

GIUNTA SOPRA LAVORO

* *Movimento scientifico (Il)*: Rivista mensile dei progressi delle scienze e delle loro principali applicazioni. Modena; primo fascicolo 1866. *Trasparenza del mare*; pag. 24-27. (N.° 7 dell'Appendice, dalla pag. 632 alla 634 di questo volume).

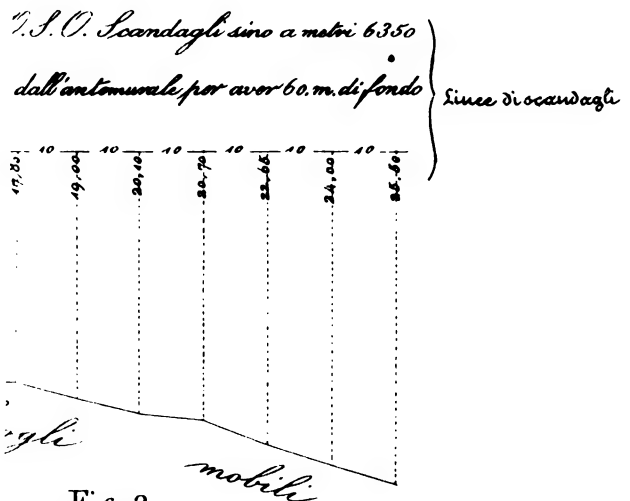
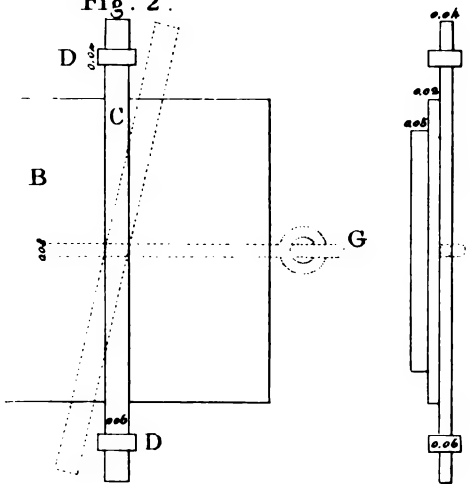

V. S. O. Scandagli sino a metri 6350
dall'antemurale per aver 60. m. di fondo
Linee di scandagli
10
10
10
10
10
10
17,30
19,00
20,10
20,70
22,65
24,00
25,50
mobili

Fig. 2.

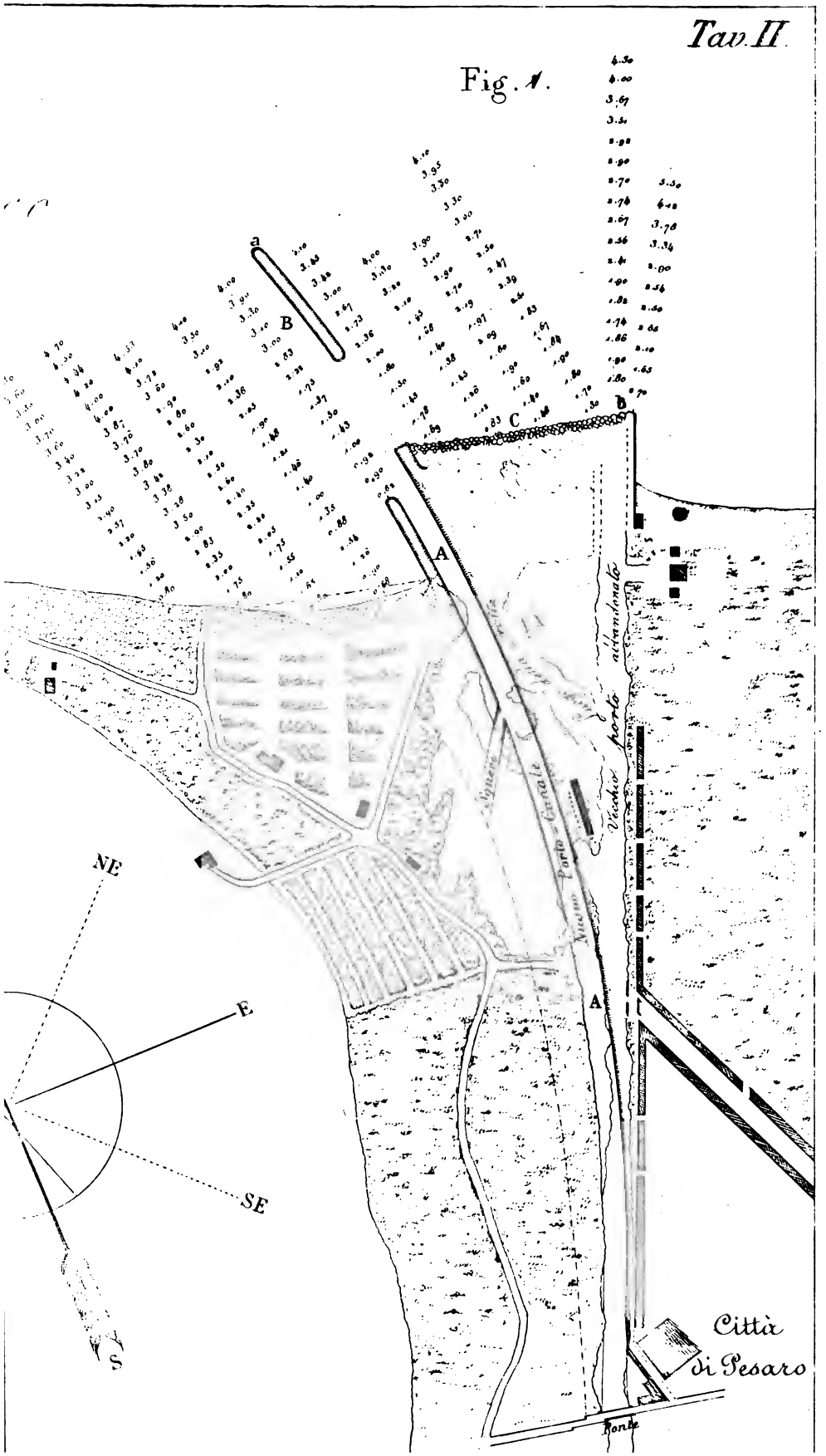

D
C
B
G
D
0.06

Livello medio del Mare

LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY

Tav. II.

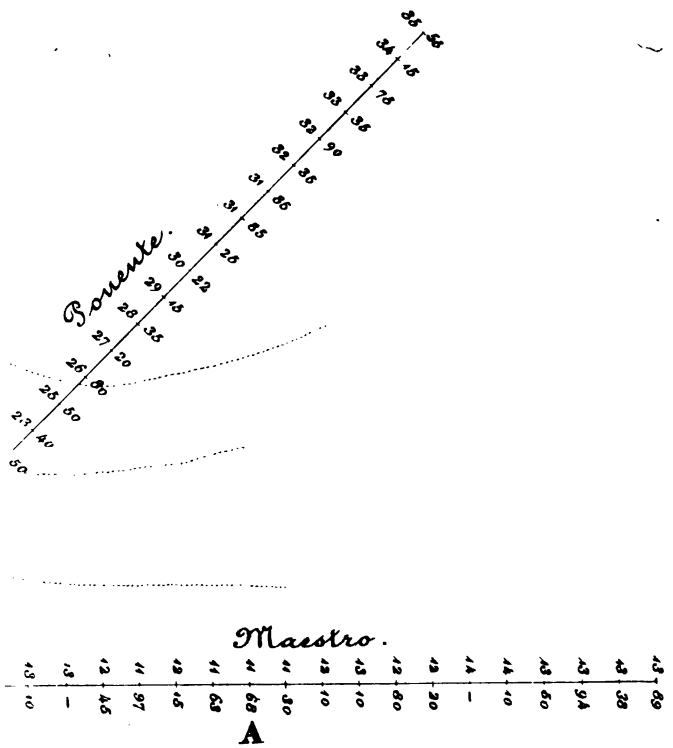
Fig. 1.


a
B
C
b
A
A
Vecchio porto attualmente
Nuovo Porto Canale
NE
E
SE
S
Città di Pesaro
Porta

LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY

Stanford, Jr.
UNIVERSITY

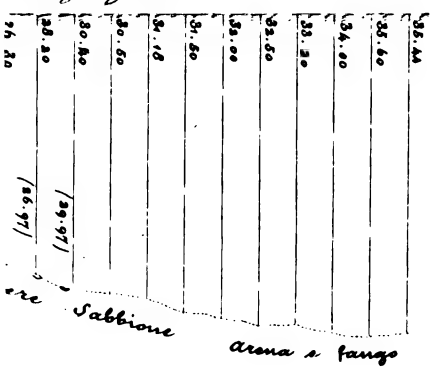
o 1865.



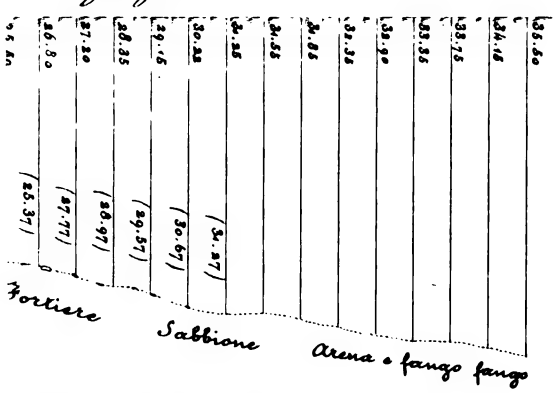
LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY

i dal 17 al 23. Maggio 1865.

ino-Gregoriano.

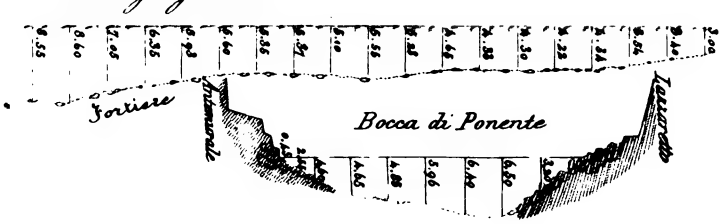


tino Gregoriano

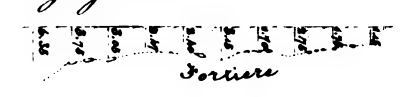


rtino-Gregoriano.

Fortino Gregoriano.



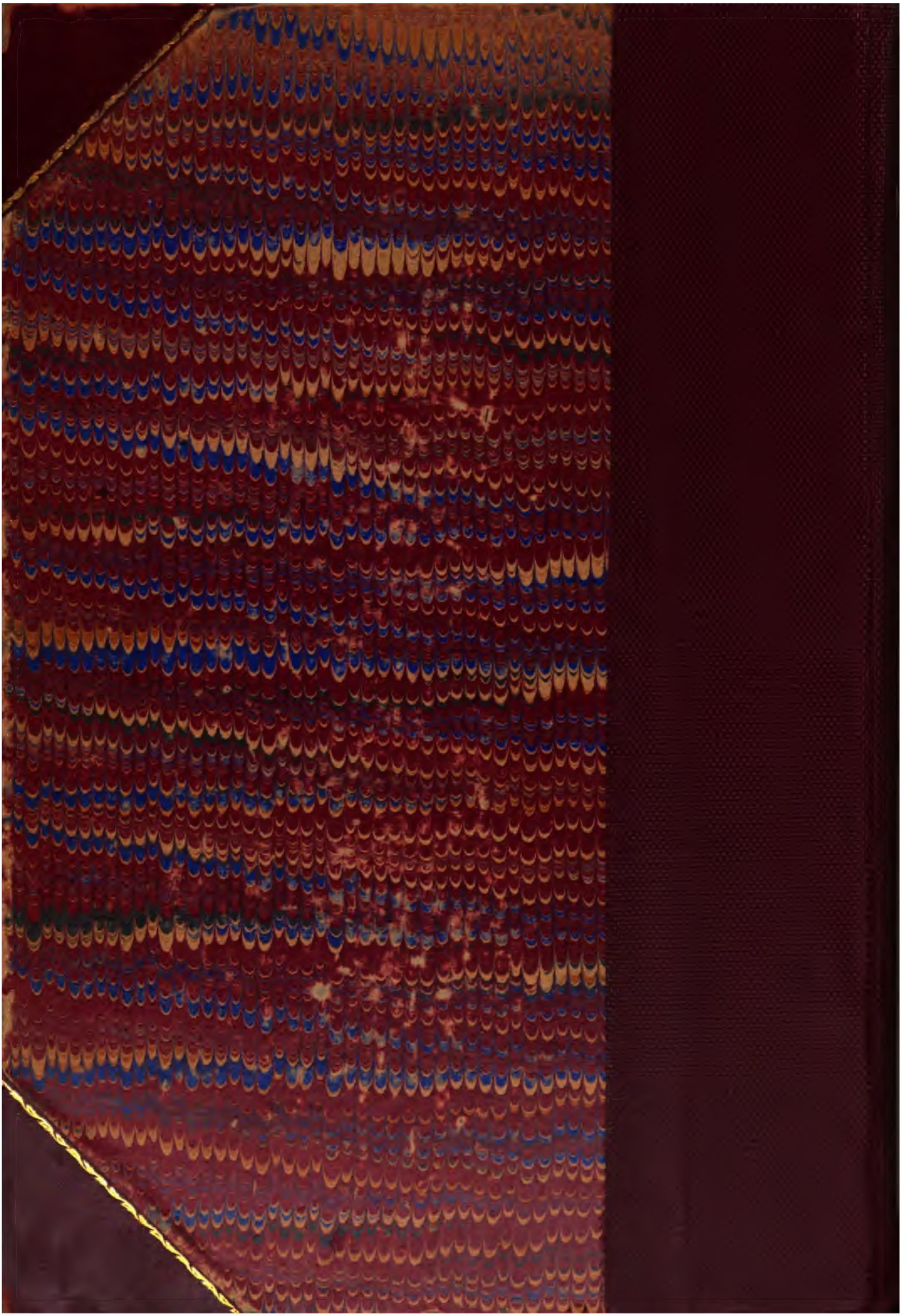
no Gregoriano.



LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
Stanford, California

BRANNER
GEOL. LIB.

551.47 .C565 C.1
Sul moto ondoso del mare e su
Stanford University Libraries
3 6105 032 222 916

211305